ZEITSCHRIFT
für
Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie)
und
Pflanzenschutz
mit besonderer Berücksichtigung der Krankheiten
von landwirtschaftlichen, forstlichen und gärtnerischen Kulturpflanzen.

43. Jahrgang. **Oktober 1933** Heft 10.

Originalabhandlungen.

Aus der phytopathologischen Sektion des landwirtschaftlichen Institutes Rumäniens.

Direktor: Professor Dr. Tr. Săvulescu.

Beitrag zur Kenntnis der Biologie der Puccinia-Arten, die den Weizen in Rumänien befallen.

Von Tr. Săvulescu.

Mit 4 Abbildungen.

I. Die Rolle des Windes bei der Verbreitung des Rostes auf Weizen in Rumänien.

Die *Puccinia*-Arten, welche Rost auf Weizen in Rumänien hervorrufen, bieten sowohl hinsichtlich ihrer Überwinterung als auch in der Art, wie sie sich verbreiten und im Frühjahr oder Sommer neue Infektionen verursachen — ein sehr unterschiedliches Bild.

Puccinia triticina, welche den Braunrost hervorruft, überwintert bei uns — in der Donauebene, in der Dobrogea, im Banat und im Buceag von Bessarabien — in Form von Uredosporen und zwar dann, wenn die Weizen im Herbst infiziert wurden und der Winter nicht zu streng ist. Unter diesen Bedingungen überwintert *Puccinia triticina* auch in Form von Dauermyzel. Diese Uredosporen und das Dauermycel bleiben auch im Winter lebensfähig und rufen sehr zeitige Infektionen im Frühjahr (April und Mai) hervor. Wenn der Winter sehr kalt war — wie zum Beispiel der Winter 1928/29, in welchem die Temperatur bis auf — 30° C und — 35° C fiel — oder wenn die Weizen im Herbst nicht mehr vom Braunrost, wie dies im Herbst 1931 der Fall war, infiziert wurden — dann haben wir im darauffolgenden Jahr keine frühzeitigen

Infektionen des Weizens mit Braunrost. In diesen Fällen erscheint der Braunrost später, im Juni (wie z. B. 1932) oder sogar im Juli (wie z. B. 1929). Dieses späte Auftreten können wir mit Rücksicht darauf, daß ein Zusammenhang infolge fehlender Infektionen im Herbst nicht vorliegt, nur so erklären, daß wir die Möglichkeit von Neuinfektionen durch Uredosporen annehmen, die der Wind aus anderen Gegenden und Ländern übertragen hat, welche frühreifere Weizensorten haben als wir. Mit Rücksicht darauf, daß in südlicheren Ländern (in Bulgarien und Italien, wo der Weizen ebenfalls stark unter dem Befall von Braunrost leidet) der Weizen früher reift als unsere Sorten und auf Grund der Feststellung, daß in unserem Lande der Braunrost in der Donauebene später auftritt als in der Dobrogea und im Bugeac von Bessarabien (ca. 7—8 Tage), müssen wir annehmen, daß der Wind die Uredosporen der *Puccinia triticina* von Osten, Süden, Südosten und Südwesten (Südrußland, Balkanhalbinsel, Italien) überträgt und zu unseren Feldern bringt.

Puccinia glumarum, die den Gelbrost verursacht, hält in unserem Klima in Form von Uredosporen nicht durch, auch nicht in Form von Dauermycel. Sie kann sich nicht von einem Jahr zum anderen übertragen. Aus diesem Grunde erscheint der Gelbrost — in der Donauebene, in der Dobrogea, im Bugeac von Bessarabien und im Banat — nicht frühzeitig im Frühjahr. Er erscheint später, in der Regel im Juni, nach dem Auftreten des Braunrostes. In der Entwicklung der *Puccinia glumarum* (zum Unterschied von *Puccinia triticina*) besteht also niemals ein Zusammenhang zwischen der Infektion im Herbst und der späten Infektion im Sommer. Um also die Sommerinfektionen des Weizens mit Gelbrost in unserem Lande erklären zu können, sind wir genötigt Neuinfektionen durch Uredosporen anzunehmen, welche durch den Wind von Feldern anderer Gegenden und Länder übertragen wurden, die frühzeitige Infektionen im Frühjahr aufweisen, wie es z. B. bei den Ländern West-, Nord- und Mitteleuropas der Fall ist. Nach Hecke [1]) erfolgt in Österreich die Übertragung des Gelbrostes von einem Jahr zum andern durch Wintermycel und die meteorologischen Bedingungen sind für eine Infektion im Frühjahr günstig. Treboux [2]) hat gezeigt, daß in Rußland der Gelbrost in Form von Mycel überwintern kann. Ebenso kann nach Bandys[3]) der Gelbrost in der Tschechoslowakei sowohl durch Uredosporen als auch durch Mycel überwintern.

[1]) Hecke, L., Zur Frage der Überwinterung des Gelbrostes und das Zustandekommen von Rostjahren. Naturw. Zeitschr. Forst- u. Landw., Bd. XIII: 213—220, 1915.

[2]) Treboux, O., Überwinterung mittels Mycels bei einigen parasitischen Pilzen. Mycol. Centralblatt, V., 1915.

[3]) Bandys, E., Ein Beitrag zur Überwinterung der Rostpilze durch Uredosporen. Ann. Myc. XI: 39, 1913.

Puccinia graminis, die den Schwarzrost hervorruft, überwintert bei uns niemals in Form von Uredosporen oder Dauermycel, selbst wenn die Winter milde sind. Sie überwintert jedoch in Form von Teleutosporen, welche sich auf dem Stroh oder im Boden befinden und aus welchen sich im folgenden Frühjahr die Promycelien bilden, die Basidiosporen tragen. Die Basidiosporen werden vom Wind weitergetragen und auf das Laub der Berberitze gebracht, wo sie keimen und diese infizieren um dann Aecidien mit Aecidiosporen zu bilden. Die Aecidiosporen werden vom Wind auf weite Entfernungen — nach Stakman, auf Hunderte von Kilometern — verbreitet und infizieren Weizen, Roggen, Hafer, Gerste und Wildgräser, auf welche sie dabei treffen, indem sie zunächst Uredosporen und später Teleutosporen bilden. Die Uredosporen werden gleichfalls durch den Wind auf andere gesunde Kulturen übertragen. Durch sie also wird die Krankheit auf große Flächen verbreitet. Bei dem Schwarzrost ist der Zusammenhang zwischen der Infektion der nacheinanderfolgenden Jahre durch die Infektion sichergestellt, welche im Frühjahr bei der Berberitze, die als Zwischenwirt dient, stattfindet. Die Berberitze ist in Rumänien weit verbreitet (Abb. 1) und spielt eine wichtige Rolle in der Übertragung des Schwarzrostes von einem Jahre zum andern. Dennoch habe ich in unserem Lande — z. B. im Jahre 1932 — die Erscheinung einer plötzlichen und schweren Invasion festgestellt, ohne daß eine Infektion des Zwischenwirtes im Frühjahr stattgefunden hatte, eine Invasion also, die räumlich und zeitlich keinen Zusammenhang mit derjenigen des vorigen Jahres hatte. In solchen Fällen müssen wir demnach auch beim Schwarzrost die Möglichkeit einer Neuinfektion durch Uredosporen und Aecidiosporen annehmen, welche durch den Wind aus andern Ländern und Gegenden direkt auf den Weizen übertragen wurden. Die Aecidiosporen und Uredosporen können, um unsere Weizenkulturen zu infizieren, nur aus südlichen Gegenden (Balkanhalbinsel), Südosten (Kleinasien) und Südwesten (Italien) stammen, wo der Schwarzrost auftritt, bevor er bei uns erscheint, und wo er sich ohne Zwischenwirt entwickeln kann, indem er in Form von Uredosporen überwintert.

Eriksson, der die Auffassung vertritt, daß die Rostarten in Form von Mycoplasma in den Samen weiterleben, aus welchen sich die endgültige Form entwickelt, die dann plötzliche und unerwartet schwere Invasionen hervorruft, stellt in Abrede, daß den durch den Wind übertragenen Uredosporen und Aecidiosporen eine wichtige Rolle bei dem Auftreten und der Verbreitung der Rostarten auf Weizen zukomme. Heute wird die Erklärung, daß das plötzliche Auftreten des Rostes durch vom Wind übertragene Uredosporen und Aecidiosporen beim Schwarzrost verursacht ist, von der Mehrzahl der Phytopathologen, die sich mit den Rostarten der verschiedene Länder befaßt haben,

zugegeben und für unser Land steht sie außer Zweifel. Sicherlich bleibt noch vieles festzustellen, in den verschiedenen Ländern noch vieles genauer zu bestimmen; über die Rolle aber, welche die durch den Wind übertragenen Uredosporen bei Neuinfektionen spielen, besteht kein Zweifel mehr. Es handelt sich nur noch darum zu untersuchen, in welchem Maße und in welcher Weise diese Uredosporen Infektionen hervorrufen.

U N G A R I A
C E H O S L O V A C I A
P O L O N I A
B U L G A R I A
M A R E A N E A G R Ă
Hunedoara 4500
Retezat 2509
Parîng 1936
Ţarcu 2172
Godeanu 2229
Cozia 1668
Făgăraş 2544
Piatra Craiului 2238
Ciucaş 1954
Bucegi 2505
Postăvaru 1802
Ceahlău 1907
Rarău 1651
Giumalău 1857
Rodna 2303
Ineu 1711
Vlădeasa 1836
Muntele Mare 1826
Gilău 1848
Meseş 1836
Semenic 1447
Aninei 1062
Cernei 1447
Mehedinţi
Godeanu
Cerna
Jiu
Gorj
Vîlcea
Argeş
Dîmboviţa
Prahova
Buzău
Ialomiţa
Dîmbovicioara
Bratia
Topolog
Doftana
Teleajen
Ialomiţa
Cricovul Dulce
Cricovul Sărat
Ilfov
Arieş
Crişul Alb
Crişul Negru
Crişul Repede
Barcău
Ier
Someş
Sălaj
Someş
Bihor
Arad
Timiş
Caraş
Mureş
Tîrnava Mare
Tîrnava Mică
Olt
Dunăre
Jiu
Olt
Argeş
Ialomiţa
Buzău
Siret
Bistriţa
Moldova
Suceava
Bistriţa
Trotuş
Tazlău
Caşin
Oituz
Bîsca Mare
Bîsca Mică
Zăbrăuţ
Ozana
Siret
Bahlui
Jijia
Prut
Bîrlad
Vaslui
Elan
Horincea
Horincea
Berheci
Zeletin
Putna
Milcov
Rîmnicul Sărat
Rîmnicul Sărat
Buzău
Slănic
Teleajen
Prahova
Ialomiţa
Dîmboviţa
Argeş
Olt
Topolog
Doftana

Der Wind ist ein Mittel, dessen sich viele Blütenpflanzen, Cryptogamen oder Bakterien zu ihrer Verbreitung bedienen. Der Wind erhebt die Pollenkörner und die Sporen verschiedener Cryptogamen in die Atmosphäre bis zu großer Höhe und trägt sie Hunderte von Kilometern weit. Gleichzeitig mit den Pollen, Sporen und Bakterien überträgt der Wind auch schwerere Partikeln wie Sand, Ton usw. Am 2. März 1901 ist auf die Stadt Hamburg ein gelber Staub in reichlichen Mengen gefallen. Dieser Staub bestand aus feinen Ton- und Quarzpartikeln, die vom Wind aus der afrikanischen Wüste dorthin geführt wurden[1]). Derartige Phänomene sind öfter beobachtet worden. Es seien hier noch einige wichtige nach Joan[2]) angeführt: Am 14. und 15. Oktober 1885 wurde in Carintia ein Regen von Staub beobachtet, der aus der Sahara herstammte. Am 24. April 1897 haben Südwinde, die durch eine über dem Zentrum des Golfes von Genua liegende Depression verursacht waren, große Staubmassen aus der Sahara nach Süd- und Mittelitalien getragen. Am 5. Februar 1888 wurde im nordwestlichen Ungarn roter Schnee beobachtet, der aus Saharastaub bestand, vermischt mit einzelligen Algen (*Protococcus pluvialis*), die dem Staub die rote Farbe verliehen. Am 25. und 26. Februr 1896 wurde aus Österreich und Nordungarn roter Schnee gemeldet, der infolge einer Depression in Norditalien und eines barometrischen Maximums über Zentralrußland dorthin geführt wurde. Die größte Entfernung, die bei der Wanderung solcher Phänomene beobachtet wurde, ist bei dem von Klebahn angeführten Fall vom 2. März 1901 zu verzeichnen, bei welchem die Staubmassen über eine Entfernung von 2200 km Luftlinie transportiert wurden. Der Ausdehnung nach wurde dieses Phänomen aber noch durch den Staubregen übertroffen, der am 26. und 27. April 1928 in Rumänien beobachtet wurde[3]). Dieses Phänomen wurde auch in Polen beobachtet[4]). Die Fläche, über welche sich in unserem Lande der Staubregen in diesen Tagen erstreckte, kann mit etwa 74000 qkm angegeben werden und zwar der größte Teil der Moldau, Bukowina und Bessarabien (Abb. 2). Im südwestlichen Polen wurde eine Fläche von 115000 qkm von dem Staubregen bedeckt. Der Staub war aschfarbig, die Stärke der Staubschicht wechselte von 1—4 mm. Berechnungen ergaben, daß bei dieser

[1]) Klebahn, H., Die wirtwechselnden Rostpilze: 68, 1904.

[2]) Joan, C., Ploaia cu pulbere dela 26 si 27 Aprilie 1928. Bul. Meteor. Centr. al Romaniei, Seria II, Vol. VIII, No. 8: 169—172, 1928.

[3]) Steleanu, N., Der Staubfall vom 26. April in Cernauti. Bul. Facultatii de Stiinte Cernauti, II. I: 229—232, 1928; Joan, C., l. c.; Cuculescu, J., Chemische Zusammensetzung des am 26. und 27. April über Czernowitz niedergegangenen Staubregens, Bul. Facultatii de Stiinte Cernauti, II, I: 233—234, 1928.

[4]) Arctowski et Stenz, E., Sur la chute de poussière observée en Pologne du 26. au 28. Avril 1928. Ciel et terre, No. 6—7: 265—268, 1928 und in Ctes. Rend. Ac. Sc. II., Juin 192 .

Gelegenheit 148 Millionen Kubikmeter Staub gefallen sind, woraus die Intensität dieses Phänomens hervorgeht und wodurch sich die Panik erklärt, welche sich der Bevölkerung bemächtigte. Der Staub war nicht vulkanischen Ursprungs, sondern wurde von starken Winden, die in diesen Tagen herrschten, aus dem Steppengebiet Rußlands gebracht. Wenn also selbst schwere Erdteilchen von Windströmungen erfaßt und auf große Entfernungen transportiert werden, so können die Sporen der Pilze und die Pollen der Blütenpflanzen durch den Wind um so eher große Strecken von ihrem Entstehungsort weggeführt werden.

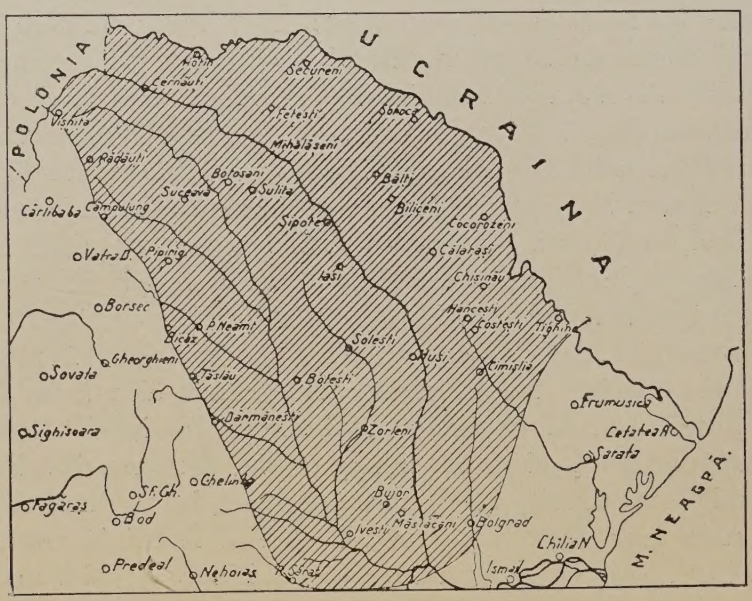

Abb. 2. Die Gegend, aus welcher in Rumänien in den Tagen vom 26./27. April 1928 Staubregen gemeldet wurde.

Ohne Zweifel können also die Uredosporen durch den Wind übertragen werden, sie können sich längere Zeit (1—2 Monate) schwebend in der Luft halten, wobei sie ihre Keimkraft behalten, und können so aus Gegenden, wo die Rostarten in Form von Uredosporen überwintern, oder aus Gegenden, wo der Zusammenhang des Rostes durch das Vorhandensein von Zwischenwirtspflanzen (Berberitze für Schwarzrost) sichergestellt ist, auf Weizen in solchen Gegenden übertragen werden, wo der Rost noch nicht aufgetreten ist. Bolley[1]) hat in Amerika seit langem beobachtet, daß die Verbreitung des Rostes über Tausende von Quadratmeilen durch den Wind erfolgt. In der Übertragung der Uredosporen durch den Wind finden wir auch eine Erklärung der von allen zugegebenen Tatsache, daß der Rost heute auf Weizen viel verbreiteter

[1]) Bolley, Centr. f. Bakt. IV: 890, 1898.

ist als früher. Er folgt den Getreidekulturen über den ganzen Erdball vom Äquator bis zu den nördlichsten Gegenden, da auch der Vegetationsrythmus des Getreides vom Äquator nach den Polen hin verläuft. Wenn in Australien geerntet wird, haben wir Winter, unser Getreide liegt unter einer Schneedecke und seine Vegetation steht still. Bei uns reift das Getreide im Juni, in Deutschland, Dänemark, Schweden dagegen erst im August. In unserer Donauebene kommt das Getreide 10—14 Tage eher zur Reife als im Norden von Transilvanien oder der Moldau. Paralell mit dieser abgestuften Reifezeit des Getreides von Süden nach Norden geht auch die Entwicklung des Rostes in derselben Reihenfolge — ganz besonders beim Schwarzrost — indem die Übertragung der Uredosporen durch den Wind von einer Gegend zur andern erfolgt. Zu jeder Jahreszeit befindet sich irgendwo auf der Erde Getreide in voller Vegetation, der Rost aber greift auf die angrenzenden nördlicheren Gegenden mit etwas späterer Vegetationszeit über. Während für den Schwarzrost die Richtung, in welcher er sich durch vom Wind übertragene Uredosporen verbreitet, in ganz Europa nur von Süden nach Norden läuft, so verläuft diese Richtung für die anderen beiden Rostarten in den verschiedenen Ländern verschieden, je nach den Bedingungen, unter welchen sie sich dort entwickeln und in welcher Richtung der Wind die Uredosporen überträgt. Auf Grund der Tatsache, daß die Uredosporen der verschiedenen *Puccinia*-Arten, welche den Weizen befallen, in der Atmosphäre 1—2 Monate lebensfähig bleiben, kann man das epiphytische Auftreten des Rostes in unserem Lande durch die Häufigkeit und Stärke der Winde in den Monaten April, Mai und Juni erklären. Im April und Mai führen die Winde (vorherrschend sind NO-, O-, S-, SO- und SW-Winde) hauptsächlich die Sporen des Braunrostes mit sich und so erklärt sich auch die Stärke, mit welcher diese Rostart Jahr für Jahr in unserem Lande auftritt, sowie die Tatsache, daß er auch dann nicht fehlt, wenn der Weizen im Herbst nicht infiziert war. Ebenso übertragen die Winde im April und Mai (N-, NW- und W-, weniger SW-Winde) die Uredosporen des Gelbrostes, welcher indessen etwas später als der Braunrost erscheint und in der Regel in der Donauebene nicht so stark auftritt als dieser, weil die Winde, die ihn hervorrufen (N-, NW- und W-Winde), in dieser Zeit weniger häufig und weniger stark (als die ersteren) sind, aber sie sind der Bedeutung nach gleich nach den Winden einzureihen, die den Braunrost verursachen.

Die Winde im Mai und Juni erklären das spätere Auftreten des Schwarzrostes und bringen die Infektion aus warmen südlichen Ländern, wo diese Rostart in Form von Uredosporen überwintert. Diese Infektion zeigt sich in der Regel — wenn die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse günstig sind — in der zweiten Hälfte des Juni und anfangs

Juli. Die Winde, welche das Auftreten des Schwarzrostes hervorrufen, in den Jahren, in welchen keine vorherige Infektion stattgefunden hat, die den Zusammenhang der Krankheit durch Teleutosporen sicherstellt, die ihrerseits wiederum im Frühjahr die Berberitze infizieren — sind S-, SO- und weniger SW-Winde. Aus der untenstehenden Karte (Abb. 3) ist zu sehen, aus welchen Richtungen die Uredosporen der drei den Weizen befallenden Rostarten eindringen und die Winde, die ihn übertragen. In der nebenstehenden Tabelle (Tabelle 1) ist die Häufigkeit

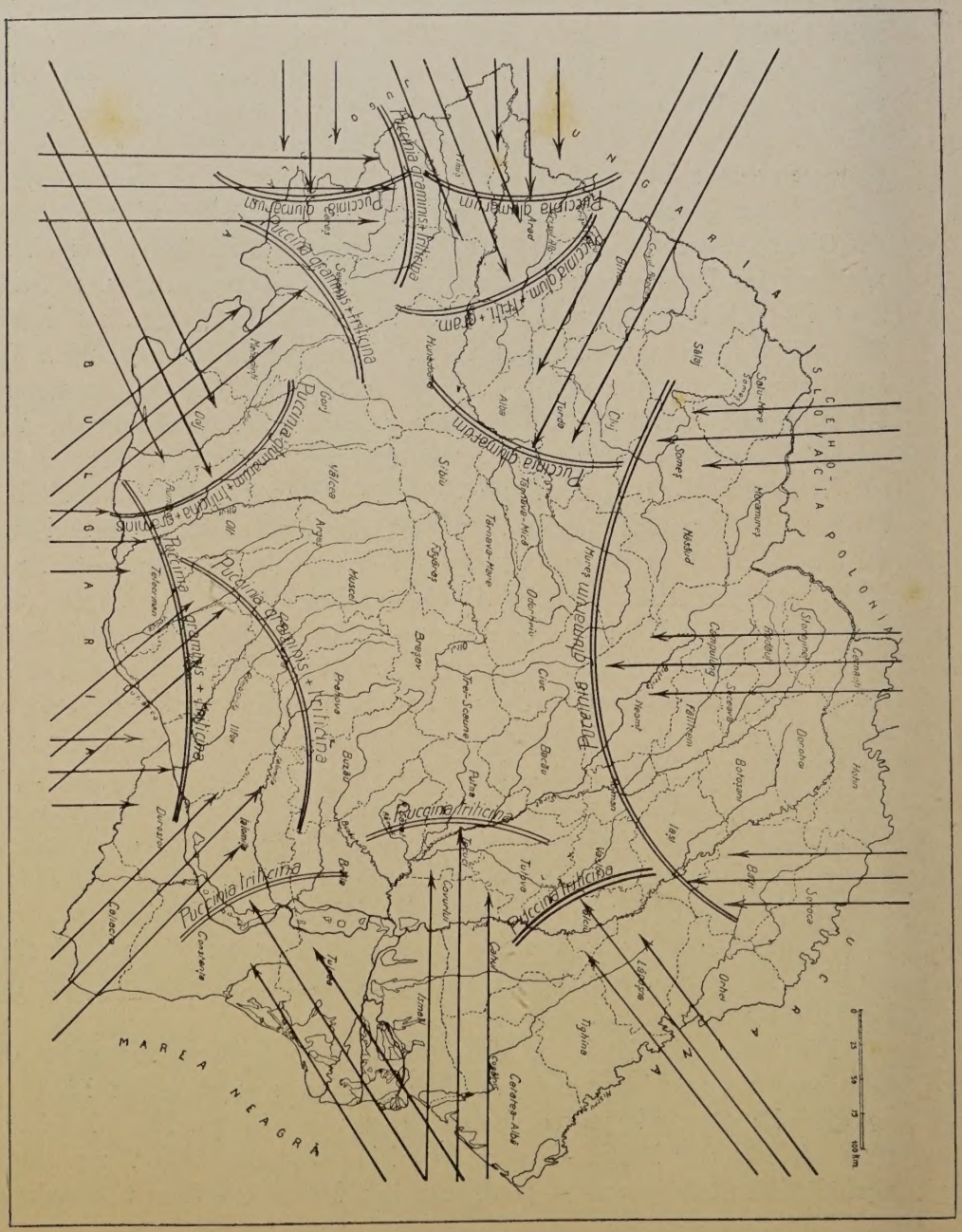
Puccinia dispersa + graminis
Puccinia dispersa + triticina
Puccinia graminis + triticina
Puccinia triticina
Puccinia dispersa
Puccinia graminis
Puccinia glumarum + triticina
Puccinia glumarum
Puccinia glumarum + triticina + graminis
Puccinia graminis + triticina
Puccinia triticina
Puccinia triticina
Puccinia glumarum
Puccinia glumarum + triticina + graminis
Puccinia dispersa + triticina

Tabelle mit v. H.-Werten für die Häufigkeit der Winde, die Uredosporen als Erreger der Rostkrankheiten auf Weizen in Rumänien übertragen. Jahre 1926—1932. Monate: April, Mai und Juni.

Jahr	Monate	Windrichtung: Still.	NO	O	SO	S	SW	W	NW	N	Summe d. Häufigkeitswerte für die Winde in den entspr. Monaten und für die entspr. Rostarten	Bemerkungen
		Verursachte Rostart: Braunrost				Schwarzrost	Gelbrost					
1926	A.	4	15	20	8	2	22	23	6	—	1. 128 — Braunrost	Schwarzrost ziemlich stark
	M.	12	16	19	10	**4**	12	15	7	5	2. 90 — Gelbrost	10% S-Wind
	J.	10	15	17	14	**6**	11	12	12	8	3. 57 — Schwarzrost	
1927	A.	12	18	5	4	5	17	28	8	4	1. 131 — Braunrost	Schwarzrost ziemlich stark
	M.	8	15	22	20	**7**	18	12	1	2	2. 90 — Gelbrost	12% S-Wind
	J.	18	16	15	18	**5**	9	9	7	3	3. 77 — Schwarzrost	
1928	A.	3	16	24	3	6	7	33	3	5	1. 117 — Braunrost	Schwarzrost schwach
	M.	4	9	26	8	**4**	14	23	5	7	2. 97 Gelbrost	8% S-Wind
	J.	7	16	20	8	**4**	14	18	3	10	3. 52 — Schwarzrost	
1929	A.	7	17	33	3	7	8	20	3	2	1. 141 — Braunrost	Schwarzrost schwach
	M.	4	32	24	4	**3**	10	14	2	5	2. 64 — Gelbrost	8% S-Wind
	J.	12	18	19	3	**5**	7	19	11	7	3. 32 — Schwarzrost	
1930	A.	13	8	35	11	4	8	18	1	2	1. 120 — Braunrost	Schwarzrost etwas stärker
	M.	23	10	29	8	**4**	3	16	7	—	2. *53* — Gelbrost	als 1928 und 1929
	J.	20	12	25	10	**5**	2	10	8	8	3. 32 — Schwarzrost	9% S-Wind
1931	A.	7	5	23	17	2	7	21	9	3	1. 121 — Braunrost	Schwarzrost sehr schwach
	M.	12	23	24	12	**1**	7	10	18	3	2. 78 — Gelbrost	5% S-Wind
	J.	18	11	22	5	**4**	7	19	7	7	3. 36 — Schwarzrost	
1932	A.	43	18	24	1	—	10	—	3	1	1. 109 — Braunrost	Schwarzrost sehr stark
	M.	12	6	22	6	**8**	4	36	—	6	2. 60 — Gelbrost	14% S-Wind
	J.	10	1	27	1	**6**	4	36	3	12	3. 29 Schwarzrost	

der Winde in den Monaten April, Mai und Juni für die Jahre 1926—1932 nach den Daten des Rumänischen Meteorologischen Zentralinstituts wiedergegeben.

Von größter Bedeutung für den Schwarzrost ist der Südwind, welcher im Jahre 1932 — wo wir den stärksten Befall durch Schwarzrost zu verzeichnen haben — in den Monaten Mai und Juni, verglichen mit derselben Zeit früherer Jahre, am häufigsten war (14%). In den Jahren 1928—1930, in welchen für dieselben Monate die Häufigkeit des Südwindes nur 8—9% betrug, war das Auftreten des Schwarzrostes schwach und im Jahre 1931, in welchem die Häufigkeit des Südwindes in diesen beiden Monaten nur 5% betrug, war beinahe überhaupt kein Schwarzrost zu verzeichnen.

Auf die Infektion des Jahres 1932 folgen der Stärke nach die vom Jahre 1927 (mit 12% Südwind), dann von 1928 (mit 10% Südwind) und schließlich die von 1930 (mit 9% Südwind). Man sieht also, in welch enger Beziehung die Stärke der durch den Schwarzrost hervorgerufenen Infektionen zu der Häufigkeit der Südwinde steht; und diese Verhältnisse finden wir wieder, wenn wir die Gesamtsumme der Häufigkeitswerte der Winde, welche die verschiedenen Rostarten hervorrufen, mit der Ausdehnung dieser Rostarten in den entsprechenden Jahren vergleichen. Die Dominanz und die Häufigkeit der W-, N- und NW-Winde erklärt uns das Erscheinen und die Stärke, die der Gelbrost gewöhnlich aufweist, welcher nur in einzelnen Jahren (1930 und 1932) den Platz dem Schwarzrost abgibt und zwar in den Jahren, in welchen die SO-, S- und SW-Winde — und insbesondere der S-Wind — intensiver sind und eine größere Menge von Uredosporen der *Puccinia graminis* übertragen.

Die Diagramme (Abb. 4) zeigen uns noch besser die Beziehung zwischen den Winden, die in den Jahren 1926—1932 in den Monaten April, Mai und Juni geherrscht haben und die Intensität der Rostarten, welche diese Winde übertragen. Diese Beziehung bleibt für alle drei Rostarten bestehen.

Schilberszky[1]), der sich mit der Beziehung zwischen der Verbreitung der Berberitze und dem Auftreten des Schwarzrostes befaßt, behandelt in einem besonderen Kapitel auch den Einfluß der Windströmungen auf die Verbreitung dieser Rostart in Ungarn. Seine Schlußfolgerungen für Ungarn stimmen mit den unsrigen für Rumänien überein, jedoch mit dem Unterschied, daß für Ungarn die SW- und SO-Winde die wichtigste Rolle beim Auftreten und der Verbreitung des Schwarzrostes spielen, während bei uns das Erscheinen und die Verbreitung dieser Rostart sich in erster Linie durch den Südwind erklärt. Schil-

[1]) Schilberszky, K., Der Berberitzenstrauch und die Schwarzrostfrage. Phytopathologische Zeitschrift, II. Heft 6: 624—631, 1930.

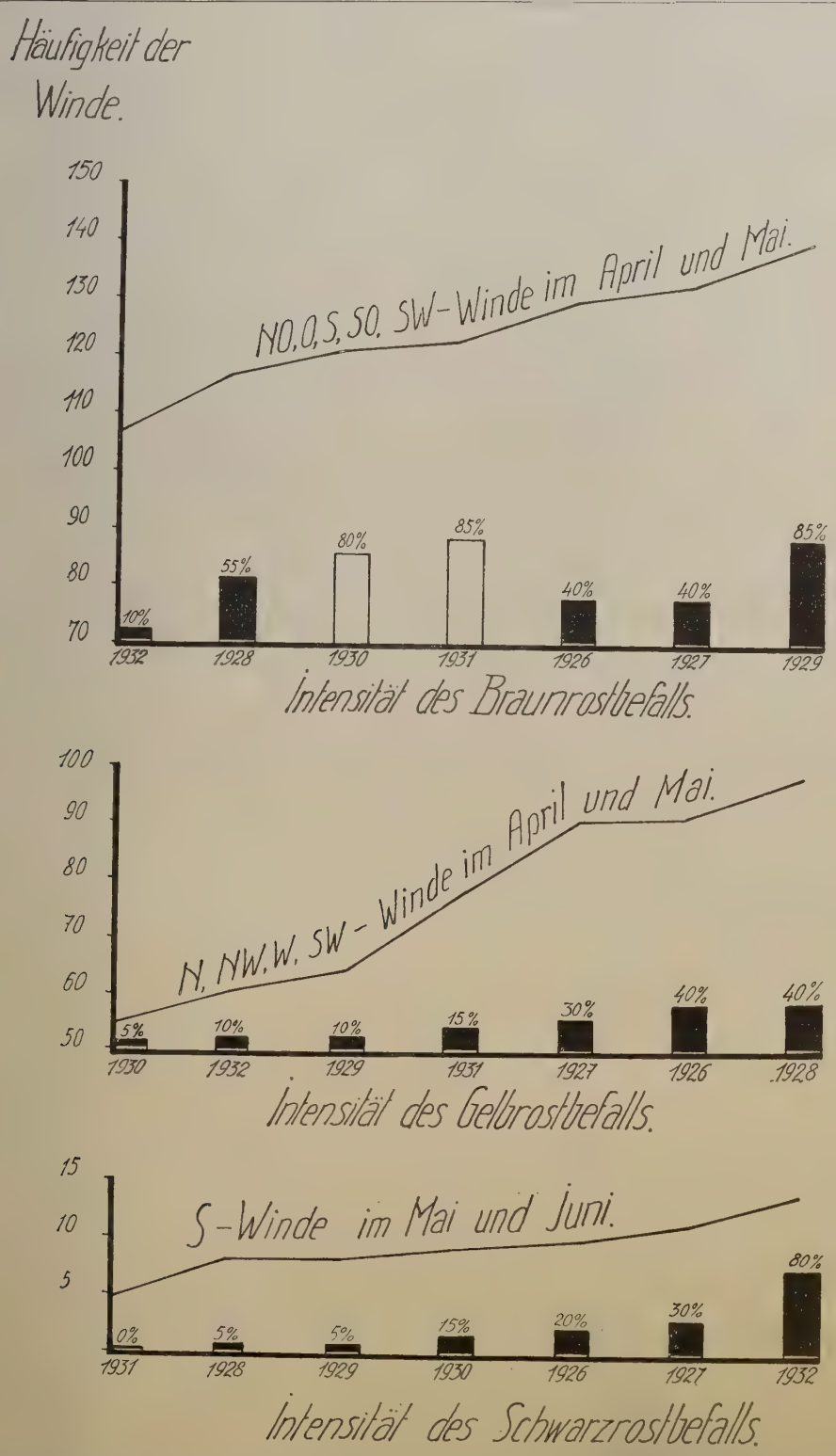

Abb. 4. Die Beziehung zwischen den Winden, die in den Jahren 1926—1932 in Rumänien in den Monaten April, Mai und Juni geherrscht haben und die Intensität der Rostarten, welche die Winde übertragen. Die leeren Rechtecke stellen die Intensität des Braunrostbefalls in den Jahren dar, in welchen die Infektion im Frühjahr mit der des Herbstes in Zusammenhang steht, zum großen Teile also unabhängig von der Häufigkeit der Winde ist.

berszky sucht in seiner Arbeit die Bedeutung der S-, SO- und SW-Winde für das frühzeitige Auftreten des Schwarzrostes in Ungarn nachzuweisen (deshalb beziehen sich seine Angaben auch auf die Häufigkeit der Winde im März und April). In der Donauebene, der Dobrogea und in Südbessarabien begegnen wir solchem frühzeitigen Auftreten nicht. Hier kann man das späte Auftreten des Schwarzrostes, das mit einer Infektion vom vorigen Jahre nicht im Zusammenhang steht, nur durch vom Wind übertragene Uredosporen erklären.

Außer den wichtigen oben behandelten Winden, gibt es noch verschiedene lokale Winde mit geringerer Häufigkeit, die demnach auf den Charakter unseres Klimas keinen Einfluß haben. Dennoch tragen sie sehr viel zur Verbreitung der Uredosporen von einer Gegend zur anderen bei und dienen so der Ausbreitung der Rostkrankheiten auf die ganze Fläche des Landes.

Eine Untersuchung über den Gehalt der Luft an Uredosporen wurde erstmals von Klebahn (l. c., S. 69—70) vorgenommen. Klebahn hat einige Scheiben von 12 cm Durchmesser mit Watte bedeckt und unter einem kleinen Schutzdach auf Bäumen mitten im Feld befestigt. Zwei Scheiben hat er in der Nähe von Hamburg aufgestellt, eine dritte in Thüringen — und zwar blieben sie den ganzen Sommer durch im Freien. Der Staub, der sich auf der Watte gesammelt hatte, wurde sorgfältig mit einer kleinen Menge Wasser ausgewaschen und durch Filtrieren separiert. Sodann wurde der Gehalt an Sporen qualitativ und quantitativ bestimmt. Die Ergebnisse sind sehr interessant, denn es haben sich gefunden·

in Probe Nr. 1: 4600 Sporen, darunter 2700 Uredosporen von *Puccinia graminis*,
2: 8400 Sporen, darunter 3840 Uredosporen von *Puccinia graminis*,
3: 31200 Sporen, darunter 5600 Uredospren, von *Puccinia graminis*.

Es wurden auch Aecidiosporen und Teleutosporen gefunden, jedoch nur in geringer Anzahl. Außer diesen Uredosporen wurde noch eine sehr große Anzahl von Sporen anderer Pilze, Pollen (hauptsächlich von Gramineen), Schuppen von Schmetterlingsflügeln usw. gefunden. Wie man aus diesem Versuche von Klebahn sieht, schweben in der Luft Uredosporen der Rostpilze und fallen in sehr großer Zahl auf eine waagerechte Fläche von 12 cm Durchmesser nieder. In Rußland hat Jaczewski[1]) den Keimgehalt der Luft im Sommer untersucht und hat unter verschiedenen anderen Pilzsporen auch zahlreiche Uredosporen des *Puccinia graminis* gefunden, denen er eine große Bedeutung

[1]) Jaczewski, A., Studien über das Verhalten des Schwarzrostes in Rußland. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, XX: 321—359, 1910.

für das Auftreten und die Verbreitung des Schwarzrostes zuschreibt. Aderhold und Ruhland[1]) ist es gelungen, auf einem stark von Gelbrost befallenen Feld in sieben Tagen 12,7 Uredosporen je Quadratzentimeter zu ermitteln; in einiger Entfernung, nur 7,3 Uredosporen je Quadratzentimeter, während sie auf einem im Schutze eines Hauses gelegenen Stück nicht eine einzige Spore fanden. Gaßner[2]) hat nachgewiesen, daß in Uruguay die Uredosporen der *Puccinia triticina* durch den Wind auf eine Entfernung von mindestens 2100 m von ihrem Entstehungsort fortgeführt wurden.

Noch genauere Versuche haben in dieser Hinsicht Stakman, Henry, Curran und Christopher[3]) in letzter Zeit in Amerika angestellt, indem sie Flugzeuge benutzten und Proben aus verschiedenen Höhen auf Glasstreifen entnahmen, wie sie beim Mikroskopieren üblich sind und die vorher mit Vaseline oder Glyzerin bestrichen worden waren. So wurden zahlreiche Sporen verschiedener Krankheitspilze, Conidiophoren, Pollen, Grasspelzen) und kleine Insekten eingefangen. Die Sporen und Pollen waren in einer Höhe von 11000 Fuß verhältnismäßig reichlich vertreten. Sporen der *Pucc. triticina* haben sich bis zu einer Höhe von 16500 Fuß gefunden. Uredosporen und Aecidiosporen der *Pucc. graminis*, die bis in Höhen von 1000 und 7000 Fuß getragen worden waren, haben gekeimt. Weiterhin wurden zahlreiche Sporen von *Alternaria* in verschiedenen Höhen gefunden, die alle keimfähig waren. Die Anzahl der Uredosporen und Aecidiosporen war über infizierten Feldern sehr groß, ging aber ziemlich rasch zurück, wenn die Proben in wachsender Entfernung genommen wurden. Aus den Untersuchungen der oben genannten Autoren wie auch aus denjenigen von Klebahn geht hervor, daß mit Hilfe von Windströmungen, welche bedeutende Mengen von Uredosporen und Aecidiosporen enthalten, die Infektion von einem Feld auf das andere, von einer Gegend zur anderen, von einem Land zum anderen übertragen wird. Diese Infektionen, die durch von der Luft übertragene Sporen auf größere Entfernungen erfolgen, erklären die Rostinvasion ohne Zusammenhang in solchen Ländern, wo das Überwintern nicht in Form von Uredosporen stattfinden kann, erklären das späte Auftreten von Braunrost bei uns in einzelnen Jahren sowie das Auftreten von Gelb- und Schwarzrost in den Jahren, in welchen keine vorherige Infektion stattgefunden hat, die Teleutosporen als widerstandsfähige Organe hätten bilden können,

[1]) Aderhold, R. und Ruhland, Zur Frage der Überwinterung und Verbreitung des Getreideroste. Mitt. K. Biol. Anst. f. Land- u. Forstw., Heft 2: 3, 1906.

[2]) Gaßner, G., Beiträge zur Frage der Überwinterung und Verbreitung der Getreideroste im subtropischen Klima. Zeitschr. f. Pflanzenkr., XXVI: 329, 1916.

[3]) Stakman, E. C., Henry, A. W., Curran, C. G. and Christopher, N. W., Spores in the upper air. Journ. Agr. Research, XXIV, No. 7: 559—605, 1923.

wenn im Frühjahr des laufenden Jahres die Berberitzensträucher nicht infiziert worden waren und wenn in einer Gegend Berberitze überhaupt nicht vorkommt. Die Untersuchung des atmosphärischen Keimgehaltes an Krankheitspilzen durch das Flugzeug ist einer der interessantesten Versuche und wird wahrscheinlich die Aufklärung für das plötzliche und unerklärliche lokale Auftreten der epiphytischen Rostkrankheiten bringen. Welche Rolle im Jahre 1932 die Verbreitung der Uredosporen von *Puccinia graminis* durch den Wind bei dem Umsichgreifen des Schwarzrostes spielte, erhellt aus folgendem: eine weiße Papierscheibe von 10 cm Durchmesser, die in der Höhe des ersten Stockes unseres Laboratoriums am 25. Juni angebracht war (als der Schwarzrost seine höchste Entwicklungsstufe erreicht hatte und als die Luft sehr bewegt war), hat sich innerhalb einer Stunde vollkommen gerötet, die Anzahl der Uredosporen aber konnte nicht festgestellt werden. Außer den Uredosporen von Schwarz- und Braunrost, welche nahezu die ganze Masse bildeten, habe ich noch zahlreiche Sporen von *Alternaria*, einige davon sogar in Ketten, Sporen von *Macrosporium*, zahlreiche Conidien von *Plasmopara viticola*, Sporen von *Ustilago* sp., Pollen (hauptsächlich von Gramineen), Conidienformen vom *Fusarium*-Typus, Brandsporen von *Tilletia laevis* und *Tilletia Tritici*, von *Ustilago Hordei* und *Ustilago nuda*, Sporen der *Mucoraceen*, Uredosporen von *Uromyces* und noch andere, die nicht bestimmt wurden.

II. Die Rolle verschiedener Thalictrum-Arten bei der Verbreitung des Braunrostes.

Puccinia triticina wurde bis in die letzte Zeit als eine autöcische Spezies betrachtet, da man von ihr ein Aecidienstadium auf einer anderen Zwischenwirtspflanze nicht kannte. In den letzten Jahren ist es gelungen, experimentell ein Aecidienstadium hervorzurufen, indem man von den Basidiosporen der *Puccinia triticina* ausging und mit ihnen das Laub verschiedener *Thalictrum*-Arten infizierte. Bis jetzt wurde dieses Aecidienstadium der *Puccinia triticina*, soweit ich dies nachprüfen konnte, in der Natur nicht beobachtet. Indessen kennt man mit Sicherheit Aecidienformen auf verschiedenen *Thalictrum*-Arten, diese gehören aber anderen *Puccinia*-Arten an und zwar:

I. *Puccinia alternans* Arthur, Aecidien auf *Thalictrum dioicum* und *Thalictrum sparsiflorum*, Uredo- und Teleutosporen auf *Bromus Porteri*.
II. *Puccinia borealis* Juel, Aecidien auf *Thalictrum alpinum*, Uredo- und Teleutosporen auf *Agrostis boreal*.
III. *Puccinia Cockerliana* Bethel, Aecidien auf *Thalictrum dioicum*, Uredo- und Teleutosporen auf *Festuca Thurberi*.
IV. *Puccinia Elymi* Wastend, Aecidien auf *Thalictrum minus* Uredo- und Teleutosporen auf *Elymus arenarius*.

V. *Puccinia obliterata* Arthur, Aecidien auf *Thalictrum alpinum*, Uredo- und Teleutosporen auf *Agropyrum* sp.

VI. *Puccinia persistens* Plow., Aecidien auf *Thalictrum flavum*, Uredo- und Teleutosporen auf *Agropyrum repens*.

VII. *Puccinia Thalictri-distichophylli* Fischer et Mayor, Aecidien auf *Thalictrum foetidum*, *Uredo-* und Teleutosporen auf *Trisetum distichophyllum*.

Außer diesen *Puccinien*-Arten, welche Aecidien auf *Thalictrum* entwickeln, wurden durch Untersuchungen mit experimenteller Infektion noch andere entdeckt, welche Uredo- und Teleutosporen auf Gramineen und Aecidiosporen auf *Thalictrum* bilden. So haben z. B. E. Fischer und E. Mayor[1]) eine Art separiert, welche Aecidien auf *Thalictrum aquilegifolium*, *Th. minus* und *Th. foetidum* und Uredo- und Teleutosporen auf *Poa nemoralis* bildet. Liro[2]) hat eine Art separiert, welche Aecidien auf *Thalictrum majus* und Uredo- und Teleutosporen auf *Agropyrum caninum* bildet. Transchel[3]) hat eine Art separiert, die Aecidien auf *Thalictrum minus* und Uredo- und Teleutosporen auf *Agropyrum cristatum* bildet. Fraser[4]) hat eine Art separiert, welche Aecidien auf *Thalictrum dasycarpum* und Uredo- und Teleutosporen auf *Elymus canadensis*, *E. virginicus*, *Agropyrum tenerum* und *A. Richardsoni* bildet.

Man kennt also mehrere *Puccinien*-Arten, die Aecidien auf *Thalictrum* bilden und unter diese zählt auch *Pucc. triticina*, bei welcher man allerdings das Aecidienstadium nur auf experimentellem Wege Wege erhalten hat.

In unserem Lande kommen 9 wildwachsende *Thalictrum*-Arten vor:

1. *Th. alpinum*, gedeiht im oberen alpinen Gebiet der Karpathen und findet sich nur sehr sporadisch.
2. *Th. aquilegifolium*, gedeiht an feuchten, schattigen Plätzen, an Waldrändern längs Bächen, im Dickicht, seltener an offenen Plätzen auf Waldlichtungen und Wiesen, ziemlich häufig in der subalpinen Region, in Gebirgsgegenden und auf Hügelland, in den Wäldern bis ins Tal heruntersteigend, wo sie selten ist.
3. *Th. Bauhini*, gedeiht und kommt ziemlich häufig vor auf feuchten Weiden in Talniederungen, in Sumpfgehölz und Erlenwäldern, steigt manchmal an solchen Plätzen bis in die Bergregion empor.

[1]) Fischer, Ed. u. Mayor, E., Zur Kenntnis der auf Gramineen und Thalictrum lebenden heteroecischen Puccinien in Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. Schw., III, 1924.

[2]) Liro, J. I., Aumrkning svarda rost och braudswamper fran Aland och Iavarsland in Med. af Soc. Faun. et Flor, fenn., XXIV, 1900 und Uredineae fennicae 1908.

[3]) Transchel, W., Kulturversuche mit Uredineen in den Jahren 1911—1913 in Myc. Centralbl., IV,1914.

[4]) Fraser, W. P., Culture experiments with heteroecius Rusts in 1922 and 1924 in Mycologia, XVII, Nr. 2: 78, 1925.

4. *Th. flavum*, kommt sporadisch vor an feuchten Plätzen, an Fluß- und Seeufern, im Gebüsch und in feuchten Dickichten und zwar nur in der Ebene und in Niederungen und Tälern.
5. *Th. flexuosum*, gedeiht an Waldrändern, auf trockenen Wiesen, grasreichen Hügeln, in der Ebene und bis zum Hügelgebiet. Diese Art ähnelt der *Th. minus*. Schinz und Keller betrachten sie geradezu als eine Abart davon[1]).
6. *Th. foetidum*, kommt sporadisch vor und findet sich selten in Sprüngen von Kalkfelsen, in Dickichten der Bergregion.
7. *Th. lucidum*, gedeiht und kommt ziemlich häufig vor in feuchten Weiden, an wasserreichen Plätzen, in Erlenwäldern, vor allem in den Flußtälern der Ebene.
8. *Th. minus*, gedeiht und kommt häuiig vor an Waldrändern, auf grasreichen Hügeln, auf trockenen Weiden, vereinzelt sogar auf Felsen in der Ebene bis in die Bergregion.
9. *Th. simplex*, gedeiht auf Felsen in der Bergregion.

Von den *Thalictrum*-Arten, die bei uns wildwachsen, konnten nur die folgenden 4 experimentell mit Basidiosporen der *Pucc. triticina* infiziert werden·

Th. flavum, auf welchem man viele und gut entwickelte Aecidien erhielt. *Th. aquilegifolium*, *Th. Bauhini* und *Th. minus*, auf welchen man allerdings nur Picniden und schwache und unvollkommene Aecidien erhalten konnte.

In der Natur kennt man aber bis heute auf keiner einzigen *Thalictrum*-Art eine Aecidienform. Auch der verstorbene Uredinologe Constantineanu[2]) nennt in seinem bedeutenden Werk über die Uredineen in Rumänien nicht eine Aecidienform und auch ich habe bis jetzt in der Natur keine solche Form beobachtet, obwohl ich seit Jahren mit besonderem Interesse danach suche. Selbst wenn man einer solchen Form begegnen sollte, so müßte man erst untersuchen, ob sie nicht einer der *Pucc.*-Arten angehört, die Uredo- und Teleutosporen auf anderen Gramineen, mit Ausnahme von Weizen, entwickeln. Vor allem ist zu erwarten, daß sich bei uns finden:

Pucc. persistans (mit Aecidien auf *Thalictrum flavum* und Uredo- und Teleutosporen auf *Agropyrum repens*), *Pucc. obliterata* (Aecidien auf *Thalictrum alpinum*, Uredo- und Teleutosporen auf *Agropyrum* sp.) oder eine der von Fischer, Liro oder Transchel separierten Arten mit Uredo- oder Teleutosporen auf *Poa nemoralis*, *Agropyrum caninum* oder *Agropyrum cristatum*. Aus Obigem kann man ohne weiteres den Schluß ziehen, daß die *Thalictrum*-Arten, die experimentell mit Basidiosporen der *Pucc. triticina* infiziert werden konnten, von welchen aber in der Natur keine mit Aecidien bei uns angetroffen wurden, nicht die

[1]) Siehe auch Hegi, G., Ill. Fl. v. Mitteleuropa, III: 592.

[2]) Constantineanu, C. I., Urédinées de Roumanie, in Annales scient. de l'Université de Jassy, Bd. X, Lief. 3—4, 1920.

Bedeutung haben, wie sie die Berberitze als Zwischenwirt in der Verbreitung des Schwarzrostes hat, weshalb ihre Vernichtung nicht angebracht ist. Dies um so mehr, als der Braunrost — wie ich im vorigen Kapitel gezeigt habe — in seinem Zusammenhang von Jahr zu Jahr durch frostbeständige Uredosporen und durch Mycel sichergestellt ist, das sich auf den Weizenblättern während der Infektion im Herbst bildet und das ebenfalls frostbeständig ist.

Ich habe mich bei dieser Frage etwas länger aufgehalten, weil Radulescu[1]) kürzlich in einer Arbeit über die physiologischen Rassen, welche die *Pucc. triticina* in Rumänien vertritt, folgende Behauptung aufgestellt hat, die den tatsächlichen Verhältnissen unseres Landes nicht entspricht: „nach Scheibe kommt der Zwischenwirt von *Puccinia triticina* selten in Westeuropa vor, während er in Südosteuropa sehr häufig auftritt und stark befallen ist". Nicht nur, daß in Rumänien die *Thalictrum*-Arten, auf welchen man experimentell Aecidien erhalten hat, nicht „stark befallen" sind, bis heute wurden sie nicht einmal mit einem Aecidienstadium angetroffen, das mit Sicherheit der *Pucc. triticina* oder anderen *Pucc.*-Arten zugeschrieben werden kann, die auf anderen Gramineen, mit Ausnahme des Weizens, vorkommen.

Zusammenfassung.

1. Die drei *Puccinia*-Arten, welche Rost auf Weizen in Rumänien hervorrufen, bieten sowohl hinsichtlich ihrer Überwinterung, als auch in der Art, wie sie sich verbreiten und im Frühjahr oder Sommer neue Infektionen hervorrufen, — ein unterschiedliches Bild.

a) *Puccinia triticina* überwintert in Rumänien — in der Donauebene, in der Dobrogea, im Banat und im Bugeac von Bessarabien — in Form von Uredosporen und als Dauermycel. Wenn der Winter nicht zu streng ist, ruft die Herbstinfektion mit Braunrost sehr zeitige Infektion im Frühjahr (April, Mai) hervor.

Wenn der Winter sehr kalt ist oder wenn die Weizen im Herbst nicht von Braunrost infiziert waren, kommt im darauffolgenden Jahre keine frühzeitige Infektion mit Braunrost vor. In diesen Fällen erscheint der Braunrost später (im Juni) und dieses späte Auftreten kann man nur als Neu-Infektion durch Uredosporen betrachten, die von den NO-, O-, S-, SO- und SW-Winden übertragen wurden.

b) *Puccinia glumarum* hält in unserem Klima im Winter in Form von Uredosporen und als Dauermycel nicht durch. Aus diesem Grunde erscheint der Gelbrost — in der Donauebene, in der Dobrogea, im Bugeac von Bessarabien und im Banat — nicht frühzeitig im Frühjahr.

[1]) Radulescu, E., Zur physiologischen Spezialisierung des Weizenbraunrostes (*Puccinia triticina* Erikss.). — Kühn-Archiv, XXXIII: 203, 1932.

Er erscheint in der Regel später, im Juni, nach dem Auftreten des Braunrostes. In der Entwicklung des Gelbrostes besteht also niemals ein Zusammenhang zwischen der Infektion im Herbst und der Infektion im Sommer. Die Sommerinfektion des Weizens mit Gelbrost in unserem Lande kann man nur als Neuinfektion betrachten, die von den N-, NW- und W-, weniger von SW-Winden übertragen wird.

c) *Puccinia graminis* überwintert bei uns niemals in der Form von Uredosporen oder Dauermycel, selbst wenn die Winter milde sind. Sie überwintert aber in Form von Teleutosporen, die im folgenden Frühjahr durch ihre Basidiosporen die Berberitze infizieren. Da in Rumänien die Berberitze sehr verbreitet ist, spielt sie eine sehr wichtige Rolle in der Übertragung des Schwarzrostes von einem Jahr zum andern. Der Schwarzrost erscheint bei uns immer am spätesten, Ende Juni—Anfang Juli. Die plötzlichen Weizeninfektionen mit Schwarzrost, ohne Infektion des Zwischenwirtes im Frühjahr, stehen räumlich und zeitlich in keinem Zusammenhange mit denjenigen des vorigen Jahres. In solchen Fällen ist auch für den Schwarzrost die Möglichkeit einer Neuinfektion, entweder durch die Uredosporen oder durch die Aecidiosporen, welche insbesonders durch den S-Wind auf den Weizen übertragen wurden.

2. Die *Thalictrum*-Arten, welche in Rumänien von den Basidiosporen der *Puccinia triticina* infiziert werden können, sind die folgenden: *Thalictrum alpinum*, *T. aquilegifolium*, *T. Bauhini*, *T. flavum*, *T. flexuosum*, *T. foetidum*, *T. lucidum*, *T. minus* und *T. simplex*. Von diesen 9 *Thalictrum*-Arten konnte man experimentell mit den Basidiosporen der *Puccinia triticina* nur die folgenden infizieren: *Thalictrum flavum*, *T. aquilegifolium*, *T. Bauhini* und *T. minus*. In der Natur aber wurde bis heute auf keiner einzigen *Thalictrum*-Art die Aecidienform der *Puccinia triticina* gefunden.

Die *Thalictrum*-Arten haben also in Rumänien als Zwischenwirte nicht dieselbe Bedeutung für die *Puccinia triticina* wie sie die Berberitze als Zwischenwirt für die *Puccinia graminis* hat.

Ueber akute und chronische Rauchschäden.

Von A. Wieler-Aachen.

Seinerzeit habe ich nachgewiesen (4), daß unter der Einwirkung von Säuren, unabhängig von sichtbaren Schäden an den Blättern, die Assimilation gehemmt oder sistiert wird, was schon Wislicenus (4) vermutet hatte. Eine Wiederholung meiner Versuche in neuerer Zeit in etwas abgeänderter Form hat nicht nur die alten Ergebnisse bestätigt, sondern sie dahin erweitert, daß sie auch noch für höhere Verdünnungen zutreffen als ich damals anwenden konnte, und zwar für Verdünnungen,

wie sie für Rauchschadengebiete vorausgesetzt werden können. Es ergab sich ferner, daß die Säure nachwirkt, daß, wenn lange genug beräuchert wird, die ursprüngliche Assimilationsgröße nicht wieder erreicht wird, wenn die Säurewirkung aufhört (6). Ist die Assimilationsfähigkeit etwa um 25% gesunken, so muß die Pflanze sich von nun an mit 75% der ursprünglichen Leistungsfähigkeit begnügen. Neue Einwirkungen der Säure können ein weiteres Sinken der Assimilationsfähigkeit herbeiführen. Es sei nochmals ausdrücklich betont, daß diese Erscheinung nichts mit dem Auftreten sichtbarer Schäden durch Säure an den Blättern zu tun hat.

Die Assimilationsversuche wurden, wie früher, mit eingetopften Holzgewächsen ausgeführt. Sie standen im Garten und wurden hier längere Zeit beräuchert, ehe festgestellt wurde, ob eine Einwirkung auf die Assimilation durch die Säure eingetreten ist. Vorher war natürlich die normale Assimilation ermittelt worden. Ergab die Assimilation nach der Beräucherung einen Minderverbrauch von Kohlensäure, dann war die Assimilation gesunken. In Bezug auf das Detail der Ausführung dieser Versuche verweise ich auf die oben erwähnten Veröffentlichungen.

Zur Beräucherung wurden die Topfexemplare vor Freilandpflanzen aufgestellt, so daß diese mit beräuchert wurden. Da die verschiedenen Holzarten ungleich empfindlich sind, außerdem mit verschiedenen und wechselnden Verdünnungen beräuchert wurde, so sind gelegentlich Schäden an den beräucherten Pflanzen, besonders an den Freilandpflanzen, aufgetreten. So habe ich zufällig Beobachtungen über die Empfindlichkeit der Holzgewächse gegen schweflige Säure sammeln können, worüber ich im nachstehenden berichten möchte. Wenn es sich auch nicht um eine sytematische Untersuchung der Frage handelt, so glaube ich doch, daß meine Beobachtungen ein gewisses Interesse in Anspruch nehmen können, zumal sie z. T. mit bekannten Erfahrungen in Widerspruch stehen.

Zur Beräucherung habe ich mich eines Ventilators bedient, der durch einen Motor von $^1/_2$ PS getrieben wurde und der mit 110 und 220 Volt arbeiten konnte, wodurch verschiedene Geschwindigkeiten zu erzielen waren. Eine Abbildung dieses Apparates und nähere Beschreibung findet sich in der oben erwähnten Abhandlung „Über die Einwirkung von Säuren auf die Assimilation der Holzgewächse". An den Ventilator war luftdicht ein Holzkanal von quadratischem Querschnitt befestigt, in den von jeder Seite eine in eine feine Spitze ausgezogene Glasröhre mündete. In den Kanal waren Widerstände eingebaut, um die Mischung der Luft mit der eingeleiteten Säure möglichst zu begünstigen. Zu demselben Zweck war der Holzkanal noch um einen Zinkkanal von 1 m Länge und 400 qcm Querschnitt verlängert worden. Die Luft trat in den Ventilator durch ein Rohr von 1 m Länge und 15 cm Durchmesser

ein. Die 4 in den Holzkanal eingesetzten Glasröhren standen mit einem Verteilungsrohr in Verbindung, das auf der anderen Seite mit einer SO_2-Bombe verbunden war. Auf der Bombe war ein Nadelventil angebracht, das eine sehr feine Regulierung des Gasstromes ermöglichte. Bevor das Gas in das Verteilungsrohr eintrat, passierte es einen Rotamesser, der die genaue Einstellung der Säuremenge, die in der Stunde durch den Apparat hindurchgehen sollte, gestattete. Die Menge Luft, die bei der gewählten Geschwindigkeit den Ventilator passierte, konnte so mit beliebigen Mengen SO_2 versetzt werden, so daß jede beliebige Gasmischung über die Pflanzen geblasen werden konnte. Da der Apparat auf einem Wagen montiert war, konnte er leicht seinen Standort wechseln.

Mit dieser Methode läßt sich die gewünschte Säurekonzentration einstellen. Soll sie konstant bleiben, bedarf es aber dauernder Regulierung, da die Ausströmungsgeschwindigkeit mit der wechselnden Erwärmung der Bombe schwankt. Da es mir an Arbeitskräften gebrach, habe ich leider nicht bei allen Versuchen die Konzentration konstant halten können, immerhin ist auch diesen Versuchen allerlei Lehrreiches zu entnehmen.

Bei dem sich über den Zeitraum von 1929—1933 erstreckenden Versuche wurden beräuchert: Rotbuche, Eiche, Ahorn (*Acer Pseudoplatanus*), Esche, Linde, Birke, Lärche, Fichte und Kiefer, freilich nicht alle in gleich ausgiebigem Maße. Die Dauer der Beräucherung ist sehr ungleich gewesen und hing mehr von Zufälligkeiten ab, da nicht in Aussicht genommen war, systematische Untersuchungen über das Auftreten von sichtbaren Schäden an den Blattorganen auszuführen. Die Beräucherungsdauer wechselte zwischen wenigen und etwa acht Tagen bei den Topfpflanzen, die für die Assimilationsversuche bestimmt waren, den Tag, je nach der Jahreszeit, zu 8—12 Stunden gerechnet; gelegentlich war die Beräucherungsdauer länger. Die Landpflanzen wurden durchschnittlich 1 bis 2 Wochen beräuchert, gelegentlich auch kürzere Zeit. Beräuchert wurde mit hohen Verdünnungen wie 1 : 1 Mill., 1 : 750 000; 1 : 600 000; 1 : 500 000, nur in den Wintermonaten kamen erheblich höhere Konzentrationen zur Anwendung. In manchen Fällen ist die Konzentration aus den angegebenen Gründen vorübergehend erheblich höher gewesen als beabsichtigt war. Wie hoch dann die Konzentration stieg, ist nicht für alle Fälle anzugeben. Es wurden Konzentrationen beobachtet von 1 : 400 000; 1 : 375 000; 1 : 300 000, in vereinzelten Fällen 1 : 100 000. Wie lange solche Konzentrationen eingewirkt haben, ist selten zu ermitteln gewesen, vielleicht ein paar Stunden, die zwischen den Kontrollen lagen. Bei jeder Kontrolle wurde die ursprüngliche Konzentration wieder eingestellt. Natürlich trübt dieser Umstand das Ergebnis. Solche Versuche sind deshalb nicht in allen Fällen zu verwerten. Wo trotz der Steigerung der Konzentration Schäden ausblieben,

sind die Versuche verwertbar. Auch in den Fällen sind sie zu verwerten, wo verschieden empfindliche Holzarten gleichzeitig beräuchert und ungleichmäßig beschädigt wurden.

Die beiden Versuche mit Ahorn sind belanglos; sie wurden in verschiedenen Jahren ausgeführt mit der Verdünnung 1 : 600 000. In dem einen Fall traten Schäden auf, im anderen nicht. Die Eiche erwies sich nicht als besonders empfindlich. An Topfexemplaren im Juni, Juli und August bei der Verdünnung 1 : 500 000—1 : 600 000, traten nur kleine und fleckenartige Schäden auf. Anfang September wurden bei der Verdünnung 1 : 600 000 keine Schäden beobachtet. An den Freilandeichen blieben Schäden im Juli aus bei einer Beräucherung 1 : 750 000—1 : 600 000, während 13 Stunden. Im August hingegen traten bei zehnstündiger Beräucherung starke Schäden auf. Hierbei ist jedoch zu vermuten, daß unbemerkt die Konzentration vorübergehend höher gewesen ist.

Die Rotbuche ist verhältnismäßig unempfindlich, wie aus im Jahre 1932 ausgeführten Versuchen hervorgeht.

	Stunden		
31. V.—11. VI.	100	1 : 750 000, vorübergehend auf 1:300000, einmal sogar auf 1:100000 gestiegen	Schäden an einem Buchenblatt
15.—22. VI.	70	1:750000, vorübergehend auf 1:375000 gestiegen	Keine Schäden
22.—26. VI.	40	1:750000	Keine Schäden
27. VI.—3. VII.	70	1:500000	Ganz schwache Schäden
6. VII.	13	1:750000—1:500000	Keine Schäden
7.—24. VII.	130	1:750000—1:500000, vorübergehend auf 1:375000	Keine Schäden
9.—17. VIII.	30	1:500000	Keine Schäden
17.—22. VIII.	60	1:500000—1:400000	Unbedeutende Schäden
1.—10. IX.	40	1:500000	Keine Schäden

Nach diesen Versuchen scheint eine stärkere Verdünnung keine Schäden zu verursachen. Empfindlicher als die Rotbuche ist die Esche und empfindlicher als diese die Linde. Das tritt besonders deutlich hervor, wenn die verschiedenen Holzarten gleichzeitig beräuchert werden. Bei dem ersten Versuch der vorstehenden Tabelle wurde ein kleiner Bestand beräuchert. Dem Apparat zunächst stand eine Reihe Buchen, dahinter eine Reihe Eschen, und darauf folgten mehrere Reihen Linden. An den Buchen sind nur unbedeutende Schäden aufgetreten, an den Eschen starke, die aber keine große Verbreitung nahmen, an den Linden

sehr starke Schäden, die sich nicht nur in die Tiefe, sondern auch nach den Seiten des kleinen Bestandes ausbreiteten. Da sich mit der Entfernung von der Rauchquelle die Konzentration mehr und mehr vermindert, so geht aus diesem Verhalten hervor, daß die Empfindlichkeit der Linden noch erheblich größer sein muß als die der Eschen. An den Lindenblättern waren zahlreiche kleine und größere Flecke vorhanden und ganze Blattabschnitte beschädigt. Im Laufe der Zeit brach das abgetötete Gewebe unter der Einwirkung der Atmosphärilien aus, so daß diese Blätter schließlich stark durchlöchert am Baume hingen, ohne daß die gesunden Blatteile irgend welche Veränderungen zeigten.

Eine Wiederholung dieses Versuches vom 18.—23. Mai 1933 mit der konstanten Konzentration 1 : 500 000 fiel negativ aus. Keine der Holzarten wurde beschädigt. Man darf wohl daraus schließen, daß im vorhergehenden Jahre die wirksame Säurekonzentration höher als 1 : 500 000 gewesen ist.

Bei dem dritten, oben aufgeführten Buchenversuch wurden gleichzeitig Linden beräuchert. Auch hier erwies sich die Linde ebenso empfindlich wie in dem anderen Versuch. Auch hier war übrigens die Konzentration vorübergehend auf 1 : 375 000 gestiegen.

Bei dem zweiten oben aufgeführten Buchenversuch wurden gleichzeitig Fichte, Esche, Buche und Linde beräuchert, und zwar stand die Fichte dem Beräucherungsapparat am nächsten. Dann folgten in dem kleinen Bestande die Laubhölzer in der angegebenen Reihenfolge. Die Beräucherung sollte mit der Konzentration 1 : 750 000 ausgeführt werden, stieg aber gelegentlich bis auf 1 : 375 000. Durchgehends waren hier die Schäden erheblich geringer als in den anderen Versuchen. Am stärksten waren die Schäden aber auch hier wieder an den Linden. An den Eschen waren die Schäden nicht bedeutend, an den Buchen waren sie ausgeblieben. Am 17. Juni wurden Schäden an einigen jugendlichen Fichtennadeln festgestellt. Am 19. Juni haben die Schäden an den Fichtennadeln etwas zugenommen. Überraschend war, daß die Schäden an der Fichte so unbedeutend sind, obgleich diese Pflanze doch als besonders empfindlich gilt.

Es sind noch zwei Beräucherungsversuche mit Buche und anderen Pflanzen ausgeführt worden, einer vom 7.—24. Juli mit Eschen und Linden und der zweite vom 17.—22. August zusammen mit Linden und Lärche. Im ersten Versuch sollte mit der Konzentration 1 : 750 000 beräuchert werden. Die Konzentration schwankte aber meistens zwischen dieser Konzentration und 1 : 500 000, vereinzelt stieg sie auf die Konzentration 1 : 375 000. Schäden sind an keiner der drei Holzarten aufgetreten. Bei dem zweiten Versuch schwankte die Konzentration zwischen 1 : 500 000 und 1 : 400 000. Die Schäden, die hier an den Linden auftraten, sind erheblich geringer als in den anderen Versuchen.

An den Buchenblättern waren unbedeutende Schäden aufgetreten. Dahingegen kamen starke Schäden an der hinter den Buchen und Linden stehenden Lärche zum Vorschein, die sich hiermit als besonders empfindlich erweist.

Ein Beräucherungsversuch wurde mit Fichte, Linde und Esche ausgeführt. Die Beräucherung dauerte vom 27. Juni bis 3. Juli, etwa 60 Stunden. Die Konzentration betrug 1 : 750 000, stieg gelegentlich bis auf 375 000. Die Linden standen in diesem kleinen Bestande hinter den Eschen, vor diesen eine Fichte. Das Verhältnis im Grade der Beschädigung zwischen Eschen und Linden ist wieder das gleiche wie in den anderen Versuchen. An den jungen Nadeln der Fichte waren Schäden aufgetreten, aber nicht erhebliche, und aus dem Vergleich mit den Schäden an den Laubbäumen muß man schließen, daß Eschen und Linden empfindlicher sind als die Fichte.

Im Sommer 1932 wurden noch 2 Versuche mit Topfexemplaren der Linde ausgeführt, der eine Versuch Ende August bis Anfang September, der zweite im Anschluß daran. Im ersteren Falle wurde 70 Stunden lang mit der konstanten Konzentration 1 : 500 000 beräuchert. Es waren braune Flecken auf den Blättern aufgetreten, im zweiten Falle starke Schäden sowohl an der klein- wie an der großblätterigen Linde. Es scheint, als wenn die Topfexemplare empfindlicher sind als die Freilandexemplare.

Im Frühjahr 1933 wurden mit Freilandlinden noch 4 Versuche mit konstanten Konzentrationen ausgeführt:

18.—27. IV.	64 Stunden	1 : 750 000
20. IV—3. V.	32 „	1 : 660 000
4.—10. V.	48 „	1 : 750 000
18.—23. V.	40 „	1 : 500 000

Schäden sind beim zweiten Versuch aufgetreten, aber nur schwache. Daß sie bei 1 : 500 000 ausblieben, dürfte aus individuellen Differenzen zu erklären sein.

Für die hohe Empfindlichkeit der Esche wurden oben Beispiele gebracht. Bei der Beräucherung eines Topfexemplares während 32 Stunden vom 6.—10. September 1932 mit der konstanten Konzentration 1 : 500 000 traten zahlreiche braune Flecke auf. Bei der Beräucherung von Freilandexemplaren vom 4.—10., bzgl. 18.—23. Mai 1933 bei den Konzentrationen 1 : 750 000 und 1 : 500 000 sind hingegen keine Schäden aufgetreten. Übrigens waren auch im vorhergehenden Jahre bei einer Beräucherung eines Freilandexemplares vom 7.—24. Juli mit einer zwischen 1 : 750 000 und 1 : 500 000 schwankenden Konzentration keine Schäden aufgetreten.

Für die Birke stehen mir nur wenige Versuche mit Freilandexemplaren zur Verfügung. Ein Freilandexemplar von *Betula verrucosa*

wurde vom 29. VIII. bis 6. IX. 32 60 Stunden lang mit der Verdünnung 1 : 750 000 beräuchert. Es sind keine Schäden aufgetreten. Dasselbe Exemplar wurde im Jahr 1933 wiederum 60 Stunden lang beräuchert und zwar vom 1.—3., 6.—10. Juni mit der Konzentration 1 : 500 000. An einigen noch ganz kleinen Blättern sind Schäden aufgetreten. Empfindlicher erwiesen sich im allgemeinen die Topfexemplare. Ein Topfexemplar war 32 Stunden lang vom 21.—24. VI. 32, mit der Konzentration 1 : 750 000 beräuchert worden. An einzelnen Blättern waren Schäden aufgetreten. Vom 23.—24. August 32 waren zwei Topfpflanzen 10 Stunden lang mit einer Konzentration, die zwischen 1 : 750 000 und 1 : 500 000 schwankte, beräuchert worden. An beiden Exemplaren waren Beschädigungen aufgetreten. Bei einer 32stündigen Beräucherung vom 7.—10. IX. 32 mit der Konzentration 1 : 500 000 waren starke Schäden aufgetreten.

Für Nadelhölzer liegen mir Beobachtungen vor über Fichte, Kiefer und Lärche. Die Fichte spielt in der Rauchschadenliteratur eine hervorragende Rolle. Sie gilt als sehr empfindlich gegen schweflige Säure. Überraschenderweise erwies sie sich in meinen Versuchen nicht so empfindlich, wie zu erwarten war, jedenfalls sehr viel weniger empfindlich als die Fichten in den Gewächshausversuchen von Wislicenus (9), sie war sogar relativ unempfindlich. Im September und Oktober 1932 habe ich keine Schäden an den Fichten erhalten, als beräuchert wurde mit konstanten Verdünnungen.

12.—20. September	35 Stunden	1 : 500 000
22. Sept. bis 3. Okt.	35 „	1 : 375 000
4.—11. Oktober	45 „	1 : 250 000
11.—18. Oktober	64 „	1 : 150 000

Möchte man geneigt sein, diese Unempfindlichkeit auf die vorgerückte Jahreszeit zu schieben, so erweist sich aber auch im Sommer die Empfindlichkeit nicht groß. Bei einem Beräucherungsversuch vom 23.—29. August, der etwa 60 Stunden dauerte, und bei dem die Verdünnung der Säure zwischen 1 : 750 000 und 1 : 500 000 schwankte, sind keine Schäden an den Nadeln bemerkt worden. Bei den im Juni und Juli ausgeführten Versuchen wurden nur die jugendlichen Nadeln beschädigt. Der eine Versuch dauerte vom 13.—22. Juni, der andere vom 27. Juni bis 3. Juli 1932, jeder etwa 50—60 Stunden. Die Konzentration bewegte sich um 1 : 500 000 herum. Es sind freilich an den jungen Nadeln Schäden aufgetreten, sie waren aber überraschenderweise sehr gering, während man nach den Erfahrungen von Wislicenus sehr starke Schäden hätte erwarten müssen, Schäden, die bis zur Vernichtung von Zweigen geführt hätten. Es darf aber vielleicht daran erinnert werden, daß auch in den älteren Versuchen von Wislicenus mit dem kleinen Räucherhaus die erzielten Ergebnisse mehr den meinigen

entsprechen (7). Es mußte lange beräuchert werden, ehe Schäden auftraten, und auch dann waren sie nicht besonders ruinös. Ebenso wie im Jahre 1932 hatten sich meine Fichten auch in den vorhergehenden Jahren verhalten. So wurde 1929, in der Annahme, daß schon sehr starke Verdünnungen Schäden hervorzurufen vermögen, eine Fichte mit der Verdünnung 1 : 1 377 500 beräuchert, und da keine Schäden sichtbar wurden, wurde mit der Konzentration 1 : 500 000 fortgefahren, aber auch jetzt traten keine Schäden auf. Dieser Versuch fiel in die Zeit der höchsten Empfindlichkeit, in das Ende von Juli und den Anfang von August. Ähnlich waren die Ergebnisse aus dem Jahre 1931. In einem Versuch vom 11.—12. Juni, wo die Konzentration zwischen 1 : 750 000 und 1 : 444 000 schwankte, waren die Nadeln zum Teil beschädigt. Die älteren Nadeljahrgänge zeigten keine Schäden.

Es wurde schon auf die geringe Empfindlichkeit im September und Oktober hingewiesen. Im Oktober—November war die Empfindlichkeit noch geringer. Hier sind außerordentlich hohe Konzentrationen erforderlich, wenn Schäden auftreten sollen. In zwei Versuchen, wo die Beräucherung etwa je 14 Tage dauerte und die Konzentration zwischen 1 : 150 000 und 1 : 100 000 schwankte, und in dem einen Falle noch erheblich höher stieg, blieben Schäden vollständig aus. Ebenso verhielt sich die Fichte im Dezember; bei einer Konzentration zwischen 1 : 100 000 und 1 : 88 500 erwies sich von zwei gleichzeitig beräucherten Topffichten die eine gleichfalls als unempfindlich, die andere hatte etwas gelitten. Auch im März erwies sich die Fichte noch sehr unempfindlich. Als eine Freilandfichte 4 Tage lang täglich 6 Stunden mit der Konzentration 1 : 150 000 beräuchert wurde, traten keine Schäden auf. Im Mai 1933 war die Fichte empfindlicher. Eine Freilandfichte wurde vom 4.—10. Mai mit der Konzentration 1 : 750 000, die nur vorübergehend und kurze Zeit etwas stieg, beräuchert. Es traten schwache und unbedeutende Schäden an den jugendlichen Nadeln auf. Der zweite Versuch dauerte vom 11.—17. Mai. Beräuchert wurde tagsüber mit der Konzentration 1 : 500 000. Es sind hier gleichfalls nur schwache Schäden an den jugendlichen Nadeln aufgetreten, aber an einer größeren Zahl von Sprossen als bei dem anderen Versuch. Während dieser beiden Versuche hatte es vielfach und stark geregnet bei wenig Sonnenschein und verhältnismäßig niedriger Temperatur, so daß die Regentropfen lange Zeit zwischen den Nadeln hängen blieben. Beschädigt wurden nur die oberflächlich gelegenen Nadeln, und diese nur an der Oberseite außer an den Spitzen. An diesen beschädigten Stellen ist das Gewebe abgestorben. Nach dem mikroskopischen Befund handelt es sich nicht um Gas-, sondern um Ätzschäden (vermutlich Wirkung von Schwefelsäure); diese Schäden wären also streng genommen nicht mit den im Laufe des Sommers auftretenden Schäden zu vergleichen, zeigen aber,

daß auch schon in dieser Jahreszeit Säureschäden auftreten können, was von Wislicenus bestritten wird, obgleich Grohmann (1) an einem ziemlich umfangreichen Material ihr Vorkommen nachgewiesen hat.

Für die Kiefer steht mir nur eine sehr beschränkte Zahl von Versuchen zur Verfügung, einige Versuche mit Topfpflanzen und wenige Versuche mit Landpflanzen.

Mit Topfpflanzen wurden folgende Versuche ausgeführt. Zunächst im Sommer 1932·

	Stunden		
12.—22. VI.	100	1:750000, Konz. vorübergehend auf 1:375000 gestiegen	Schwache Schäden
20.—24. VII.	40	1:750000—1:500000, vorübergehend auf 1:375000 gestiegen	Schäden
23.—29. VIII.	60	1:500000, vorübergehend gestiegen auf 1:300000	Schwache Schäden

Da die Konzentration in diesen drei Versuchen geschwankt hat, ist natürlich nicht genau anzugeben, bei welcher Konzentration die Schäden aufgetreten sind. Beschädigt wurden in allen Fällen nur die letztjährigen Nadeln.

In den Herbst- und Wintermonaten wurden die nachstehenden Beräucherungen vorgenommen.

	Stunden		
29.VIII.—6.IX. 32	56	1:750000	Keine Schäden
6.—11. IX.	40	1:500000	Starke Schäden an letztjährigen Nadeln
12.—20. IX.	64	1:500000	Keine Schäden
22. IX.—3. X.	80	1:375000	Keine Schäden
19.—31. X.	40	1:150000—1:100000	Stark beschädigt
1.—6. XII.	50	1:100000	Keine Schäden
27., 30. XII. 32 1. 1. 33	40	1:100000—1:75000	Beschädigt

Soweit Beschädigungen vorgekommen sind, waren immer nur die letztjährigen Nadeln beschädigt.

Im März 1933 wurden zwei Freilandkiefern längere Zeit hintereinander mit der Konzentration 1 : 100 000 beräuchert. Es sind starke Schäden aufgetreten. Alle Nadeln des Jahrganges 1932 waren getötet. Es scheint demnach, als wenn die Kiefern im Winter empfindlicher sind als die Fichten. Im Frühjahr ist die Empfindlichkeit der Nadeln groß. Es wurde eine Freilandkiefer vom 24.—27. Mai 1933 etwa 30 Stunden lang mit der Konzentration 1 : 500 000 beräuchert. Die Spitzen der etwa 2 cm langen Nadeln waren beschädigt.

Das dritte von mir behandelte Nadelholz, die Lärche, erwies sich als außerordentlich empfindlich. Auf die hohe Empfindlichkeit der Lärche wurde schon oben hingewiesen bei Beschreibung des Versuches, wo Buchen, Linden und eine Lärche beräuchert wurde. Es mag nochmals hervorgehoben werden, daß die Konzentration, die benutzt wurde, zwischen 1 : 500 000 und 1 : 400 000 lag. Die Verdünnung, die aber die Nadeln der Lärche getroffen hat, muß noch beträchtlicher gewesen sein. Zwei Tage nach Beginn der Beräucherung traten bereits Schäden an den Nadeln auf, die mit der Zeit deutlicher und reichlicher wurden. Die Schäden fanden sich aber nur an den Nadeln der wachsenden Langtriebe, niemals an den Kurztrieben, selbst wenn die Nadeln unmittelbar nebeneinander standen. Auch die Topfexemplare erwiesen sich als sehr empfindlich·

5.—8. VI. 32	30	Stunden	1 : 750 000, vorübergehend erheblich höher
23.—24. VIII. 32	10	„	1 : 7 500 000—1 : 500 000
24.—28. VIII. 32	30	„	1 : 750 000—1 : 500 000
6.—7. IX. 32	10	„	1 : 750 000
4.—8. X. 32	30	„	1 : 250 000

Beim ersten Versuch waren die allerjüngsten Nadeln der Langtriebe beschädigt, von den Kurztrieben nur die Nadelspitzen. Beim zweiten und dritten Versuch waren vorwiegend die Nadeln der Langtriebe, aber auch Nadeln der Kurztriebe beschädigt. Beim vierten und fünften Versuch waren nur die Nadeln der Langtriebe beschädigt.

Im Frühjahr 1933 wurden noch zwei Pflanzen, ein Freiland- und ein Topfexemplar, beräuchert. Das Freilandexemplar wurde vom 18. bis 27. April, etwa 65 Stunden lang, beräuchert mit der Konzentration 1 : 750 000. Die Nadeln der Kurztriebe waren in der Entwicklung begriffen. Ein Teil von ihnen wurde beschädigt. Das Topfexemplar wurde vom 1.—3., 6.—10. Juni, etwa 50 Stunden lang, mit der Konzentration 1 : 500 000 beräuchert. An einer größeren Zahl von Langtrieben wurden einzelne Nadeln getötet.

Die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen über das Auftreten sichtbarer Schäden durch schweflige Säure dürften insofern ein Interesse beanspruchen, als sie erkennen lassen, wie sich die Blattorgane verschiedener Holzarten an demselben Orte gegen die Säure verhalten. Sieht man von Wislicenus' „Experimentellen Rauchschäden" (9) ab, so beruhen die Angaben über die verschiedene Empfindlichkeit der Holzarten auf den gelegentlichen Beobachtungen in Rauchschadengebieten, wo der Verdünnungsgrad der jeweils einwirkenden Säure nicht bekannt und wahrscheinlich wechselnd war infolge des Schwankens der Windstärke. Vergleiche ich von diesem Gesichtspunkte aus das Verhalten meiner Versuchspflanzen, so erscheint die Rotbuche als relativ unempfind-

lich. Etwas Ähnliches dürfte auf Grund der mitgeteilten Versuche und meiner sonstigen Beobachtungen auch für die Eiche gelten. Die geringe Zahl der Versuche können die Frage für Ahorn nicht entscheiden. Von den Laubhölzern erweisen sich als sehr empfindlich Linde, Esche und nach dem Verhalten der Topfpflanzen auch Birke. Von den Nadelhölzern hat sich in meinen Versuchen die Lärche am empfindlichsten erwiesen. Überraschenderweise ist die Fichte in meinen Versuchen bei weitem nicht so empfindlich, wie man nach den Mitteilungen in der Literatur erwarten müßte. Soweit ein Vergleich bei den wenigen Versuchen mit der Kiefer möglich ist, ist diese wenigstens im Winter empfindlicher als die Fichte. Nach meinen Versuchen ist die Fichte weniger empfindlich als Esche und Linde und wohl auch Birke, auch weniger empfindlich als die Lärche.

Die Beobachtungen sind selbstverständlich nicht ausreichend, um ein abschließendes Urteil über die Grenzkonzentrationen für das Auftreten von sichtbaren Schäden an unseren Versuchspflanzen zu fällen. Wollte man etwa auf Grund meiner Beobachtungen die Grenzkonzentration für die verschiedenen untersuchten Holzarten schätzen, so würde man dazu kommen, die Grenzkonzentrationen etwa zu 1 : 500 000 anzunehmen. Um diesen Wert herum dürften sie schwanken. Bei manchen Pflanzenarten wird sie etwas höher liegen etwa bei Rotbuche und Eiche, bei anderen etwas tiefer, wie bei Linde und Esche. Dieses Resultat würde übereinstimmen mit den älteren Angaben und Erfahrungen von Wislicenus, der damals die Grenzkonzentration für die empfindliche Fichte zu 1 : 500 000 annahm (8). Später ist er auf Grund seiner „Experimentellen Rauchschäden" zu einer viel höheren Empfindlichkeit der Pflanzen gekommen (9). Er glaubt, die Grenzkonzentration für die Fichte bis auf 1 : 1 000 000 hinausschieben zu müssen. Für manche Laubhölzer würde sie dann noch niedriger liegen. Ich bezweifle, ob man berechtigt ist, die von Wislicenus experimentell ermittelten Werte ohne weiteres auf die Verhältnisse der Rauchschadengebiete zu übertragen. Wenn man berücksichtigt, daß sich dieselbe Holzart in Bezug auf Empfindlichkeit nach den Mitteilungen der Beobachter in verschiedenen Gegenden sehr ungleich verhalten kann, dann muß man Haselhoff und Lindau (2) (S. 117) beipflichten, wenn sie schreiben, „daß die Resistenz der Bäume und Sträucher nicht für jede Gegend die gleiche zu sein braucht; sie wird vielmehr je nach dem örtlichen Charakter der betreffenden Rauchgegend etwas variieren, was sogar so weit gehen kann, daß sich Verschiebungen innerhalb der Resistenzreihe bemerkbar machen. Abweichungen in den Angaben einzelner Forscher über Widerstandsfähigkeit beruhen also durchaus nicht immer auf unvollständigen oder fehlerhaften Beobachtungen". Ich bin der Meinung, daß der „örtliche Charakter", wie er sich in Wislicenus'

Räucherhause in Bezug auf Klima und eventuell auch Boden darstellt, soweit von den Verhältnissen in den Rauchschadengebieten abweicht, daß ein Vergleich nicht zulässig ist. Augenscheinlich wird in dem Räucherhause in einer nicht ohne weiteres zu ergründenden Weise die Empfindlichkeit gegen schweflige Säure außerordentlich gesteigert. Daß schon geringe Veränderungen in den örtlichen Verhältnissen genügen, um die Empfindlichkeit zu beeinflussen, haben schon von Schroeder und Reuß festgestellt (3): „Es steht erfahrungsgemäß fest, daß die kräftigen, auf besserem Boden erwachsenden Pflanzen dem Rauch selbst viel größeren Widerstand entgegensetzen als eine an sich schon kümmerliche und dürftige Vegetation." Unter denselben Gesichtspunkt dürfte auch die ungleiche Empfindlichkeit benachbarter Exemplare derselben Holzart fallen.

Die Empfindlichkeit der jugendlichen Blätter gegen schweflige Säure.

Bei den im vorigen Abschnitt mitgeteilten Beobachtungen wurde schon wiederholt darauf hingewiesen, daß ungleichaltrige Blattorgane gegen schweflige Säure ungleich empfindlich sind. An dieser Stelle soll noch etwas näher hierauf eingegangen werden, besonders auf das Verhalten von ausgewachsenen und in Bildung begriffenen Blättern. Man wird geneigt sein vorauszusetzen, daß die jugendlichen Blätter empfindlicher gegen schweflige Säure sind als die ausgewachsenen. In der Literatur finden sich mancherlei Angaben, die hierfür sprechen. Nun will aber Wislicenus beobachtet haben, daß die jugendlichen, in der Entwicklung begriffenen Blätter gegen die schweflige Säure unempfindlich sind, die ausgewachsenen Blätter nach Fertigstellung des Triebes dagegen außerordentlich empfindlich (9). Es ist meiner Meinung nach von Wislicenus nicht genügend Material beigebracht worden, um diese These zu begründen. Die Ergebnisse meiner Versuche sprechen deutlich dagegen und lassen keinen anderen Schluß zu, als daß die jugendlichen Blätter empfindlicher sind als die ausgewachsenen, keinesfalls aber weniger empfindlich, geschweige denn unempfindlich. Ich werde das Gesagte noch mit ein paar Beispielen belegen. (Vergl. auch Wieler (6).

Schon oben habe ich auf die große Empfindlichkeit der Lärche hingewiesen. Sie rührt her von der großen Empfindlichkeit der jugendlichen Blätter. Bei der Beräucherung einer Freilandpflanze im August 1932 wurden nur Nadeln der Langtriebe, die die ganze Vegetationsperiode über zu wachsen scheinen, beschädigt, augenscheinlich weil die Nadeln noch in der Entwicklung begriffen waren. Etwas Analoges wurde bei den Beräucherungen im Frühjahr 1933 beobachtet. Bei der Beräucherung vom 18.—27. IV. 33, als sich erst die Nadeln der Kurztriebe ent-

wickelten, wurden diese beschädigt. Bei dem Versuch, der Anfang Juni ausgeführt wurde, wo also die Nadeln der Kurztriebe schon weiter entwickelt waren und die Langtriebe anfingen, sich zu entwickeln, wurden nur ihre Nadeln und nicht die der Kurztriebe beschädigt. Als vom 1.—10. Juli 1932 eine Topflärche mit anderen Pflanzen zusammen beräuchert wurde, traten schwache Schäden auf, aber wiederum nur an den Nadeln der noch in Ausbildung begriffenen Langtriebe. An den im August und weiter im September 1932 ausgeführten Beräucherungsversuchen war der Unterschied im Verhalten der ausgewachsenen und der in der Bildung begriffenen Nadeln so ausgesprochen, daß von den neben einander stehenden Nadeln der Kurz- und Langtriebe nur die letzteren beschädigt waren.

Ausgezeichnet zur Entscheidung der Frage eignen sich die Topfexemplare von Birke, Linde und Esche. Sie trieben die ganze Vegetationsperiode über neue Blätter, so daß man an ihnen auch im Sommer das ungleiche Verhalten der alten und jungen Blätter studieren konnte. Treten bei den hohen Verdünnungen, mit denen im allgemeinen experimentiert wurde, Schäden auf, so erwiesen sich nur die jugendlichen Blätter als beschädigt, die älteren blieben vollständig intakt. An diesen traten Schäden nur bei Anwendung höherer Konzentrationen auf. Daß die älteren Blätter beschädigt wurden und die jugendlichen verschont blieben, wurde niemals beobachtet. In Bezug auf die Birke wird beobachtet, daß sie in den Rauchschadengebieten sehr empfindlich ist, so lange sie jugendliche Blätter hat, sehr unempfindlich, wenn die Blätter ausgewachsen sind. In den Rauchschadengebieten halten sich die Birken im allgemeinen sehr gut. In Chemnitz haben sich die Birken allein geeignet gezeigt zur Wiederaufforstung des durch die Rauchschwaden der Stadt beschädigten Stadtwaldes (11).

Bei den immergrünen Koniferen liegen die Verhältnisse komplizierter als bei den Laubhölzern. Hier haben wir es nicht nur mit den jugendlichen und ausgewachsenen Nadeln zu tun, sondern auch mit dem Verhältnis der einjährigen zu den mehrjährigen Nadeln.

Ganz jugendliche Nadeln der Fichte aus dem Frühjahr 1933 (erste Hälfte Mai) erwiesen sich, wie oben angegeben, als sehr empfindlich und wurden bei sehr hoher Verdünnung beschädigt. Allerdings handelte es sich dabei nicht um Gas-, sondern um Ätzschäden. Auch im Juni traten an den jungen, noch nicht ausgewachsenen Nadeln Schäden auf.

Im ausgewachsenen Zustande erweisen sich die neuen Nadeln als viel empfindlicher als die älteren. Soweit in meinen Versuchen an den Fichten Schäden bemerkt wurden, waren, mit wenigen Ausnahmen, nur die neuen Nadeln beschädigt, die vorjährigen höchstens wenn höhere Konzentrationen einwirkten, und auch dann traten diese quantitativ hinter den anderen zurück. Fälle, wie sie Wislicenus beschreibt,

daß Schäden an den alten und nicht an den jungen Nadeln auftreten, habe ich niemals beobachten können. Augenscheinlich müssen ganz besondere Verhältnisse gegeben sein, wenn dieser Fall eintreten soll.

Wie sehr gleichsam die neuen Nadeln von der schwefligen Säure bevorzugt werden, beobachtete ich an folgendem, sehr instruktiven Fall. Vom 13.—22. Juni 1932 sollte eine Fichte beräuchert werden. Die Aufstellung des Apparates machte es notwendig, daß die Bombe neben einer anderen Fichte zu stehen kam. Nach einiger Zeit bemerkte ich zufällig, daß diese Fichte sich in den unteren Teilen verfärbte. Die Ursache lag in dem Austreten von SO_2 durch eine kleine Undichtigkeit in der Verschraubung der Bombe. Da die Bombe mit Rücksicht auf eventuelles Regenwetter immer verhängt war, so war die Säure nach unten diffundiert und hatte hier einen großen Teil des Baumes beschädigt, aber die Schäden beschränkten sich an allen Zweigen auf die neuen Nadeln. Diese färbten sich nach einiger Zeit alle rot, ein sicheres Zeichen, daß sie getötet waren.

Bei der Kiefer waren in meinen Versuchen immer nur die neuen Nadeln beschädigt, sowohl während ihrer Entwicklungszeit als auch im ausgewachsenen Zustande.

Auf Grund der hier mitgeteilten Erfahrungen muß man als Regel annehmen, daß die jugendlichen Blattorgane empfindlicher sind als die ausgewachsenen und daß mit der weiteren Entwicklung der Blattorgane diese Empfindlichkeit abnimmt, wie es aus dem Verhalten der älteren Fichten- und Kiefernnadeln hervorgeht. Worin die Ursache dieser Veränderung der Empfindlichkeit liegt, wäre noch zu ermitteln. Auf einige hierbei in Betracht kommenden Gesichtspunkte habe ich an anderer Stelle hingewiesen (6).

Über die Entstehung der akuten und chronischen Schäden.

Die im vorstehenden beschriebenen, durch hohe Verdünnungen entstandenen Schäden sind akute Schäden. Sie entsprechen dem, was ursprünglich als „Corrosionen" beschrieben wurde, nur daß es sich in den meisten Fällen nicht, wie angenommen wurde, um Ätzschäden, sondern um Gasschäden handelt. Da die Ansichten, was unter „akut" zu verstehen ist, weit auseinander gehen, so muß ich etwas näher auf diese Schäden eingehen.

Unter Corrosionen verstand man ursprünglich jene Schäden, die in Form kleiner oder größerer Flecke oder als gefärbte Ränder auftreten, oder auch die Schäden, bei denen kleinere oder größere Blattstücke absterben. Diese Schäden geben sich meistens durch braune oder rote Farbtöne zu erkennen, doch kommen bei bestimmten Pflanzenarten auch andere Farbentöne vor. Die Schäden können auch ganz weiß aussehen. An den verfärbten Stellen ist das Blattgewebe abgestorben.

v. Schroeder und Reuß (3) (S. 68) nahmen an, daß diese Schäden dadurch zustande kämen, daß die Säure durch die Membran eindringe, so daß das Gewebe soweit abstirbt, als sich die Säure in ihm verbreitet. Von dieser Auffassung her war das Auftreten von fleckenartigen Schäden verständlich. Seitdem aber feststeht, daß diese Auffassung irrig ist (4) (Kap. II) und daß die Schäden dadurch entstehen, daß die gasförmige Säure durch die Spaltöffnungen in die Blätter eindringt, ist die Erscheinung weniger verständlich. Es ist wohl keine andere Erklärung möglich, als daß es sich um kleinere oder größere Gewebstücke handelt, deren Zellen empfindlicher sind als die des übrigen Gewebes, und daß sie bei Konzentrationen absterben, bei denen diese noch nicht getötet werden. Die Flecke werden um so größeren Umfang annehmen, je konzentrierter die einwirkende Säure ist. Läßt sich das Auftreten solcher Schäden näher verfolgen, so stellt man fest, daß sie während der Beräucherung auftreten, eher oder später, je nach der einwirkenden Konzentration. Charakteristisch ist, daß in diesen Schäden das Gewebe abgestorben ist. Es erfolgt also das Absterben unmittelbar unter der Einwirkung der Säure und in verhältnismäßig kurzer Zeit, so daß schon aus diesem Umstand geschlossen werden könnte, daß die Schäden nicht die Folge funktioneller Störungen sind.

Nach in meinem Institut ausgeführten, noch unveröffentlichten Untersuchungen geht das Absterben der Zellen folgendermaßen vor sich: das erste Stadium der Beschädigung kann man nicht makroskopisch erkennen, da es nicht mit einer Farbenveränderung verbunden ist. Die Säure wirkt zunächst stimulierend auf das Plasma, indem der Turgor steigt. Nach einiger Zeit sinkt er langsam wieder. Ist die ursprüngliche Turgorhöhe erreicht, oder ist der Turgor etwas darunter gesunken, tritt eine Verfärbung der Chloroplasten ein. Bald darauf stirbt die Zelle ab. Wo man imstande ist, es zu verfolgen, wie bei *Elodea canadensis*, sinkt die Assimilation mit dem Sinken des Turgors. Es wirkt also die Säure gleichzeitig auf das Plasma und auf die Chloroplasten. Demnach erfolgt das Absterben der Zelle als unmittelbare Wirkung der Säure und nicht etwa der gestörten Assimilation. Durch die Beschädigung der Chloroplasten verfärbt sich die betreffende Blattstelle ins Fahlgrüne, augenscheinlich, indem das Chlorophyll in Phaeophytin übergeht. Erst wenn das Gewebe abgestorben ist, treten schneller oder langsamer die für Rauchschäden charakteristischen Farbentöne auf. Es handelt sich hier um postmortale Vorgänge. In den getöteten Zellen treten kompakte Niederschläge auf, die aus einer Fällung des Plasmas durch Gerbstoff hervorgehen. Unter der Einwirkung des Lichtes oxydiert sich der Gerbstoff und es entstehen die bekannten braunen und roten Farbentöne. Sie bleiben aus, wenn die getöteten Zellen keinen Gerbstoff enthalten. Darauf beruht es, daß bei manchen Pflanzenarten die ge-

töteten Blatteile weiß aussehen. Die Mutmaßung, daß diese Farbentöne mit einer Zerstörung des Chlorophylls zusammenhängen, ist irrig.

Der hier geschilderte Absterbevorgang der Zellen verläuft in derselben Weise, ob mit hohen Säurekonzentrationen, wie es bei Laboratoriumsversuchen üblich ist, experimentiert wird, oder ob man Freilandpflanzen mit starken Verdünnungen, etwa wie 1 : 400 000, beräuchert. Alle punkt- und fleckenförmigen Schäden, beschädigte Ränder, abgestorbene Partien der Blattfläche, kommen auf diese Weise zustande. Alle diese Schäden fasse ich unter dem Begriff der „akuten" Schäden zusammen. Die in den „Experimentellen Rauchschäden" aufgetretenen Schäden, die Wislicenus für chronische ausgibt, sind meiner Ansicht nach alle oder wenigstens größtenteils akute Schäden. Für einen Fall gibt er es selbst zu. Ungewollt war die Konzentration in einem Beräucherungsversuch auf 1 : 100 000 gestiegen. Die hier aufgetretenen Schäden hält er selbst für akute Schäden. Akute Schäden dürften auch die Schäden an den Fichten gewesen sein, die Wislicenus in seinen älteren Räucherhausversuchen erhielt. (7).

Wenn nun auch akute Schäden bei sehr starken Verdünnungen auftreten können, so sind sie doch nach meinen Erfahrungen in den Rauchschadengebieten im allgemeinen selten, und wo sie auftreten, gehen sie eigentlich über symptomatischen Charakter nicht hinaus, so daß man vielleicht die Frage aufwerfen kann, ob es überhaupt praktische Bedeutung hat, die Grenzkonzentrationen für die verschiedenen Holzarten zu ermitteln. Der durch sie bedingte Substanzverlust dürfte für die betreffenden Pflanzen gering oder belanglos sein. Dahingegen sind sie ein wichtiges Symptom dafür, daß in den Blättern unter der Einwirkung der Säure eine Senkung der Assimilation stattgehabt hat, die um so größer sein dürfte, je beträchtlicher die akuten Schäden sind (6).

Was ist nun im Gegensatz zu akuten Schäden unter chronischen zu verstehen? Wenn man in der Literatur dieser Frage nachgeht, so wird es unzweifelhaft, daß unter „chronisch" Verschiedenes zusammengefaßt wird. Einmal werden darunter begriffen eine Art Schäden, auf die noch näher einzugehen sein wird, außerdem Schäden, die bei Beräucherung mit hohen Verdünnungen erst allmählich in die Erscheinung treten und den Charakter von akuten Schäden haben. Beide Arten Schäden können getrennt oder auch nebeneinander vorkommen.

Auf die besondere Art Schäden ist zuerst von v. Schroeder und Reuß (3) (S. 103) aufmerksam gemacht worden. Sie erwähnen für die Fichte ziemlich starke Beschädigungen, dadurch charakterisiert, „daß die gesamte Benadlung einen ganz gleichmäßig hellen, gelbgrünen Ton angenommen hatte". Es handelt sich hier um ein Vergilben, das nicht mit dem Absterben von Zellen verbunden war; denn sonst hätten die bekannten roten Farbentöne an den Nadeln auftreten müssen.

Diese Schäden müssen also einen anderen Ursprung haben als die akuten Schäden. Sie scheinen Verwandtschaft zu haben mit den Schäden, die der Achener Oberförster Oster an den Rotbuchen des Rauchschadengebietes bei Stolberg i. Rh. beobachtete (4) (Anhang). Dem Wesen nach handelt es sich bei diesen Schäden um eine vorzeitige Herbstverfärbung, die Anfang August oder sogar schon Ende Juli auftrat. Dementsprechend ließen diese Bäume das Laub auch eher fallen. Wie die mikroskopische Untersuchung ergab, spielen sich in diesen beschädigten Blättern die gleichen Vorgänge wie in den herbstlich verfärbten ab. Die Zellen sterben allmählich unter Auflösung des Inhalts ab.

Diese Schäden wurden freilich zuerst für das Stolberger Rauchschadengebiet beschrieben, sind aber nicht auf dies beschränkt, sondern auch an anderen Stellen beobachtet worden, so von Baltz (10) in Barmen und von Schier (11) in Chemnitz. Ich selbst habe sie bei einer Zeche im Westfälischen gesehen.

Die gleiche Erscheinung habe ich im Moseltal an Weinstock, Berberitze, Weißdorn, Schlehe, Rose und Brombeere als die Folge der Einwirkung von Lokomotivrauch beobachtet. Auch hier ein Vergilben der Blattflächen. Nähere Angaben liegen mir nur für den Weinstock vor: ein Vergilben in verschiedenem Grade je nach der Entfernung von der Rauchquelle. Die Verfärbung hatte auch hier den Charakter vorzeitiger Herbstverfärbung, die teils Ende Juli, teils Anfang August einsetzte. Hieran schloß sich ein entsprechend zeitiger Blattfall. Daß es sich auch bei diesen Schäden im Moseltal um eine Einwirkung schwefliger Säure handelte, geht aus den örtlichen Verhältnissen hervor, wird aber auch dadurch bewiesen, daß man bei künstlicher Beräucherung am Weinstock wie an den Rotbuchen analoge Schäden erhielt (4) (Kap. VI A.)

In einem Räucherhause, das nach dem Muster des älteren Wislicenus'schen Räucherhauses hergerichtet war, habe ich vom 31. Mai bis 10. Juli 1902 einen Versuch mit Fichte und Rotbuche ausgeführt. Beräuchert wurde mit stark verdünnter SO_2. Der Verdünnungsgrad ließ sich nicht genau feststellen. Infolge von Strömungen im Hause war die Konzentration in verschiedenen Teilen desselben ungleich, so daß die Pflanzen, je nach ihrer Stellung, ungleich stark betroffen wurden. Neben den erwarteten Schäden traten unter diesen Umständen auch akute Schäden auf. Auf diese letzteren nehme ich im folgenden keine Rücksicht.

Die beiden beräucherten Buchen hatten sich bei Beendigung des Versuches verfärbt; die weniger betroffene war etwas heller grün geworden, die stärker betroffene sah gelbgrün aus, während die Kontrollpflanzen im Freien normal grün waren. Nach Aufhören der Beräucherung blieben die Buchen noch bis zum 16. Juli mit Rücksicht auf andere Fragen im Räucherhause stehen. Während dieser Zeit traten keine

Veränderungen an den Buchen in die Erscheinung, zunächst auch nicht, als sie ins Freie gestellt wurden. Nach einigen Tagen aber traten an der stärker betroffenen Buche erhebliche Veränderungen auf. Bei einem Teil der Blätter starben größere oder kleinere Partien der Blattfläche ab und färbten sich rotbraun. Die lebendig gebliebenen Teile der Blätter färbten sich allmählich stärker gelb und am 20. August hatte diese Buche einen vollständig herbstlich gelben Ton angenommen. Die weniger betroffene Buche färbte sich allmählich auch stärker gelb, ohne daß Blätter oder Blatteile abstarben, und war eher herbstlich verfärbt als die Kontrollbuchen.

Bei den beiden Fichten hatten sich die neuen Nadeln heller gefärbt, was ganz besonders deutlich hervortrat, als sie zu den Kontrollpflanzen ins Freie gestellt wurden. Die gelbe Farbe erhielt sich den ganzen Sommer über. Im Winter wurden die beiden Exemplare unter höhere Bäume gestellt und blieben dort bis tief in den nächsten Sommer hinein. Die gelbe Farbe vorlor sich wieder, alle Nadeln sahen alsdann normal grün aus.

Im Jahre 1903 wurde ein gleichartiger Versuch mit zwei Weinstöcken ausgeführt und zwar vom 22. Juni bis 6. Juli. Als die beiden Exemplare bei Beendigung des Versuches ins Freie zu den Kontrollpflanzen gestellt wurden, hatten sie sich noch nicht wesentlich verändert, außer daß die Blätter einen matten Glanz angenommen hatten. Nach einigen Tagen aber wurden an dem einen Weinstock eigenartige Veränderungen festgestellt. Es trat zunächst an einzelnen Blättern die Bildung eines roten Farbstoffes auf, der allmählich zunahm, so daß schließlich alle Blätter des Stockes mehr oder weniger rötlich verfärbt waren. Bei reichlichem Vorkommen des Farbstoffes erscheint das Mesophyll der Intercostalfelder rotbraun, während die Nerven von einem schmalen, grünen Saum umgeben sind. Es handelte sich hierbei um Vorgänge in der lebendigen Zelle. Die Blätter fielen freilich viel zeitiger ab als die an den normalen Exemplaren. An dem anderen Exemplar blieb die Bildung des Farbstoffes aus. Ende Juli fingen aber die Blätter an, sich heller grün zu färben. Das ungleiche Verhalten der beiden Exemplare dürfte sich daraus erklären, daß es sich um verschiedene Varietäten des Weinstocks handelte. Es gibt auch unter den Weinstöcken Varietäten, die sich wie der wilde Wein im Herbst rot färben. Wenn nun auch bei diesem Exemplar das Verhalten des grünen Farbstoffes nicht näher untersucht wurde, weil er von dem roten Farbstoff verdeckt wurde, so dürfte doch sein Auftreten und der zeitige Blattfall dafür sprechen, daß auch bei dieser Pflanze durch die Einwirkung der Säure ein vorzeitiges Eintreten der Herbstverfärbung mit zeitigem Blattfall eingeleitet wurde.

Diese hier geschilderten Versuche mit der Rotbuche und dem Weinstock zeigen, daß unter der Einwirkung von schwefliger Säure eine vorzeitige Herbstverfärbung hervorgerufen werden kann, daß demnach

die vorzeitige Herbstverfärbung an den Rotbuchen in den verschiedenen Rauchschadengebieten und die Vergilbungserscheinungen am Weinstock und an den anderen Pflanzen aus dem Moseltal als Säurewirkung aufgefaßt werden müssen.

Die besprochenen Erscheinungen rechne ich zu den chronischen Schäden und ich beschränke den Begriff der chronischen Schäden auf solche Erscheinungen. Sehr glücklich gewählt ist die Bezeichnung nicht. Ich halte es aber für zweckmäßig, da sie einmal vorhanden ist, sie in dieser Weise zu verwerten. Wir können dann alle Schäden in diesen beiden Kategorien unterbringen: akut und chronisch.

Akute Schäden entstehen durch eine unmittelbare Einwirkung der Säure auf die Zellen, die mit dem baldigen Tode derselben endet.

Chronische Schäden werden durch funktionelle Störungen hervorgerufen, zu denen die Säure den Anstoß gibt.

Zu den chronischen Schäden sind auch die Vergilbungsschäden an den Fichtennadeln aus meinen Versuchen und aus den Rauchschadengebieten zu zählen. Auch hier dürfte es sich um funktionelle Störungen handeln, worauf noch näher einzugehen sein wird. Von einer Herbstverfärbung kann man bei den immergrünen Nadelhölzern natürlich nicht sprechen. Trotzdem könnten sich bei ihnen ähnliche Vorgänge in den Nadeln abspielen.

Wenn die chronischen Schäden an den Laubhölzern als vorzeitige Herbstverfärbungen bezeichnet wurden, so ist strenge genommen damit nicht viel gesagt; denn ursächlich ist auch die normale Herbstverfärbung nicht aufgehellt. Die damit verbundene Verfärbung der Blätter zunächst ins Gelbliche, wird vielfach beobachtet und tritt bei sehr verschiedenen Anlässen auf. Es ist bekannt, daß wenn man die Pflanzen ins Dunkle stellt, die Blätter vergilben. Ferner wird bei Wassermangel eine Vergilbung der Blätter beobachtet, z. B. in besonders trocknen Sommern. Regelmäßig soll im Winter bei bestimmten immergrünen Koniferen eine Vergilbung der Nadeln auftreten. Die Ursache ist auch hier Wassermangel, indem ein Mißverhältnis zwischen Wasseraufnahme und Wasserabgabe entsteht. Vergilben habe ich weiter beobachtet bei Kalkmangel im Boden, kann auch eintreten bei einem zu großen Überschuß an Kalk im Boden. Die Blätter vergilben ferner bei andauerndem Kohlensäureentzug, wenn die Pflanze dem Licht ausgesetzt ist. Der Anlässe sind also viele, die Ursache der Verfärbung ist vielleicht immer dieselbe Da man sie aber nicht kennt, wird man sie also zunächst ganz allgemein in Stoffwechselstörungen suchen müssen.

Wenn man sich die Frage vorlegt, worin wohl in unserem Falle die durch SO_2 hervorgerufene funktionelle Störung bestehen könnte, so muß ich daran erinnern, daß ich schon eingangs darauf hingewiesen habe, daß SO_2 so auf die Assimilation einwirkt, daß sie sistiert oder mehr oder

weniger gehemmt wird, und daß mit derartigen Assimilationshemmungen das Auftreten von chronischen Schäden in Beziehung stehen könnte. Ich habe mich an anderer Stelle (6) eingehend über diese Dinge verbreitet und auch die einschlägigen Versuche mitgeteilt. Es ist das nicht so zu verstehen, als wenn jede Assimilationshemmung immer eine Verfärbung der Blätter im Gefolge hätte, vielmehr scheinen beide Erscheinungen unmittelbar nichts miteinander zu tun zu haben. Bei den meisten meiner Versuchspflanzen, an denen eine Verminderung der Assimilationsfähigkeit festgestellt wurde, ist keine Verfärbung aufgetreten, sie blieben die ganze Vegetationsperiode über normal grün. Nur bei einzelnen Buchen wurde das Auftreten einer vorzeitigen Herbstverfärbung beobachtet.

Bei einer Rotbuche war nach einer Beräucherung im Juli die Assimilationsfähigkeit um 43 % zurückgegangen. Am 2. September waren die beräucherten Blätter etwas heller grün geworden. Ohne daß eine weitere Beräucherung statthatte, waren die Blätter am 6. Oktober stark gelb gefärbt, die nicht beräucherten Blätter normal grün. Als an diesem Termin nochmals die Assimilation geprüft wurde, war sie stark gesunken in guter Übereinstimmung mit der Vergilbung der Chloroplasten.

Ein anderes Exemplar war Ende August beräuchert worden. Die Assimilationsfähigkeit war um 24 % gesunken. Nach dem Assimilationsversuch wurde die Pflanze noch kurze Zeit beräuchert. Bei abermaliger Prüfung der Assimilation am 30. August war sie weiter stark gesunken, so daß die Pflanze nun mit einer um 52 % verminderten Assimilationsfähigkeit arbeitete. Am 2. Oktober waren die beräucherten Blätter gelblich, die unberäucherten normal grün.

Man kann sich wohl vorstellen, daß wenn die Assimilationsfähigkeit zu weit sinkt, die Pflanze dann nicht mehr imstande ist, die für die Bedürfnisse der Zelle nötige Menge Kohlehydrate zu schaffen, sondern andere Stoffe abbauen muß, und in diesen Prozeß dürfte auch das Chlorophyll hineingerissen werden.

Viel komplizierter und weniger durchsichtig scheinen mir die chronischen Schäden der Fichte zu sein. Die akuten Beschädigungen der Fichte sind durch rote Farbe oder Rotspitzigkeit ausgezeichnet, das Gewebe ist abgestorben und hat sich postmortal verfärbt. Die akut beschädigten wurden von v. Schroeder und Reuß (3) mehr in der Nähe der Hütten beobachtet, da sie bei höheren Säurekonzentrationen entstanden. „Im ganzen häufiger beobachtet man aber", fahren sie fort, „in der Nähe der Hütten und in einiger Entfernung von denselben andere Formen starker Beschädigungen, bei welchen rote und rotspitzige Nadeln allerdings ebenfalls vorkommen, doch aber so weit zurücktreten, daß dadurch kein roter Ton der gesamten Benadlung bedingt wird. Es tritt dann eine mehr fahlgrüne Färbung der Nadeln ein, die sich

namentlich an den Spitzen, meist aber auch in der gesamten Benadlung zeigt ...“ Diese Verfärbung kann sehr verschiedene Nuancen annehmen, meist wurde aber ein „helleres Gelblichgrün“ beobachtet. Wenn diese Färbung auch wesentlich an die Spitzen der Nadeln gebunden ist, „so findet sie sich doch auch nicht selten über ganze Nadeln ausgedehnt. Letzteres ist zuweilen vorherrschend. So fanden wir ziemlich starke Beschädigungen, die dadurch charakterisiert waren, daß die gesamte Benadlung einen ganz gleichmäßig hellen, gelbgrünen Ton angenommen hatte.“ (S. 103.)

Wie diese verschiedenen Arten von Verfärbungen zustande kommen, ist von unseren Autoren nicht näher untersucht worden, auch nicht, wann sie auftreten. Möglich wäre z. B., daß die gelben Färbungen in einem bestimmten Abschnitt der Vegetationsperiode aufträten. Der Termin des Auftretens könnte eventuell mit der Entfernung von der Hütte schwanken. Hierüber konnten unsere Autoren augenscheinlich keine Angaben machen, da sich ihre Untersuchung über die Verbreitung der verschiedenen Schäden in dem Rauchschadengebiete der Oberharzer Hütten auf die Probeentnahme gelegentlich einer Exkursion vom 9. September bis 1. Oktober 1878 gründet (3) (Kap. V und VI). Wenn es sich bei der Gelbfärbung der Fichtennadeln um chronische Schäden handelt, dürfte man vielleicht annehmen, daß sie in ähnlicher Weise zustande kommen wie die vorzeitige Verfärbung der Rotbuche des Stolberger Rauchschadengebietes. Man dürfte dann annehmen, daß sie vielleicht am Ende der Vegetationsperiode auftreten, und um so eher, je stärker die Konzentration der einwirkenden Säure ist. Sind wir berechtigt, die gelbe Verfärbung der Nadeln als chronische Schäden anzusehen und sie etwa mit den chronischen Schäden der Rotbuchen gleichzusetzen oder hat sie eine andere Ursache, die vielleicht keinen unmittelbaren Zusammenhang mit der schwefligen Säure hat? Es ist notwendig, etwas näher auf die Angaben unserer Autoren einzugehen.

Nach dem Gehalt der Nadeln an aus der Luft aufgenommener Schwefelsäure teilen v. Schroeder und Reuß die Schäden in vier Klassen ein, deren Beschädigungsgrade sehr gut mit den Ergebnissen der direkten Beobachtung im Walde übereinstimmen. Diese 4 Klassen sind durch folgenden Gehalt an SO_2 gekennzeichnet:

0	unbeschädigt	unter 0,210 % SO_3
1	beschädigt	0,210—0,300 % SO_3
2	„	0,300—0,500 % SO_3
3	„	0,500 % SO_3 und darüber

Bei allen vier Graden der Beschädigung ist das Vorkommen einer gelben Benadlung oder Vorherrschen der gelben Nadeln oder Gelbspitzigkeit beobachtet worden. Am weitesten verbreitet ist die gelbe Verfärbung beim stärksten Beschädigungsgrad, ziemlich verbreitet

bei dem Beschädigungsgrad 2. Gering ist die Verbreitung bei den Beschädigungsgraden 1 und 0. Ich führe für jeden Beschädigungsgrad einige Beispiele an.

Bodengüte	Standorts-Bonität	No. der Probe	SO_3-Gehalt	Beschaffenheit der Nadeln
			Grad 3.	
mittel	4	111	0,624%	Mit gelber Benadelung
gut	3	107	0,712%	Nadeln gelb und gelbspitzig
mittel	4	128	0,764%	Intensiv gelbe Benadlung
mittel	3—4	64	0,898%	„ „ „
gut	3	80	0,779%	„ „ „
gut	4	119	0,512%	Fast ganz gelbe Benadlung
			Grad 2	
schlecht	5	88	0,449%	Nadeln gelb und gelbspitzig
mittel	3—4	87	0,389%	Nadeln durchgehends gelb
schlecht	4	130	0,491%	Intensiv gelbe Benadlung
schlecht	5	11	0,469%	Viele gelbe und gelbspitzige Nadeln
mittel	3	56	0,478%	Gelbe, fahle Nadeln
			Grad 1	
schlecht	4	10	0,220%	Viele gelbspitzige Nadeln
mittel	3—4	59	0,295%	Nadeln oft gelbspitzig
gut	4	109	0,242%	Viele Nadeln gelb
schlecht, unter	5	122	0,261%	Fast vollständig gelbe Benadlung
			Grad 0	
schlecht	4	95	0,198%	Viele Nadeln gelb und gelbspitzig
schlecht	4—5	114	0,208%	Nadeln gelblich
schlecht	4—5	116	0,190%	Nadeln etwas fahl und gelblich

Da aus der Darstellung nicht recht zu ersehen ist, was unter fahl und mißfarbig zu verstehen ist, beschränke ich mich bei meiner Betrachtung auf die Fälle, wo direkt von der gelben Farbe die Rede ist, wie ich denn auch in vorstehender Tabelle nur derartige Beispiele angeführt habe.

Da, wie aus der vorstehenden Zusammenstellung hervorgeht, bei jedem Beschädigungsgrad, selbst wenn keine Säureschäden anzunehmen sind, die gelbe Färbung an den Nadeln auftreten kann, ohne daß besondere Unterschiede in der Intensität der Färbung bemerkbar werden, erhebt sich die Frage, ob die Vergilbung der Nadeln überhaupt mit der Einwirkung der schwefligen Säure zusammenhängt. Wenn es sich bei der Vergilbung um eine direkte Wirkung der Säure auf die Nadeln handeln soll, so dürfte man erwarten, daß sie ausbliebe, wenn die Zunahme an SO_3 so gering ist, daß eine Säurebeschädigung nicht angenommen werden kann. Demnach dürfte man bei den Proben 95, 114 und 116

normale grüne Nadeln erwarten. Aber die Vergilbung scheint hier ebenso stark zu sein wie an manchen anderen Orten mit viel höherem Säuregehalt, wie z. B. bei den Proben 88 und 111. Die Beurteilung der Beschädigung an diesen drei Orten nach dem Augenschein veranlaßt unsere Autoren, hier trotz des geringen Säuregehaltes eine Beschädigung anzunehmen. Sie begründen ihr Urteil mit der schlechten Bonität des Standortes, die bei 95 4 und bei 114 und 115 4—5 ist. Sie wollen nämlich gefunden haben, daß die Empfindlichkeit der Nadeln gegen die Säure mit der Bonität in einem gewissen Zusammenhang stehe. Je schlechter die Bonität ist, um so empfindlicher sollen die daranf wachsenden Pflanzen sein, um so geringere Säuremengen genügen schon, um die gleichen Schäden hervorzurufen, die auf guten Bonitäten erst durch erheblich höhere Konzentrationen entstehen würden. Es mag dahingestellt bleiben, ob ihnen der Nachweis für diese These gelungen ist. In Bezug auf die Proben 95, 114 und 116 darf man wohl die Berechtigung ihrer Schlußfolgerungen in Zweifel ziehen. Von der Voraussetzung ausgehend, daß alle Schäden in diesem Rauchschadengebiet, soweit parasitäre Schäden ausgeschlossen sind, Säureschäden sein müssen, kommen sie zu dieser Konstruktion, obgleich die chemische Analyse dagegen spricht. Unsere Autoren haben ganz unterlassen zu prüfen, ob die Vergilbung der Nadeln nicht eine andere Ursache haben könnte. So könnte sie z. B. in der Bodenbeschaffenheit gesucht werden, in schlechten Ernährungsverhältnissen. Diese Böden mit der Bonität 4—5 könnten arm an Nährstoffen, besonders an Kalk, sein, und wir wissen, daß bei Kalkmangel leicht eine Vergilbung der Blattorgane auftritt. Im Oberharz kommen manche sehr ärmliche Böden vor. So führen z. B. unsere Autoren in der Probe 36 einen Standort mit der Bonität 5 und mit schlechter Bodengüte an und machen über das Aussehen der Fichten folgende Angaben: „Nadeln klein, kränklich, gelblich und fahl. Der Wuchs ist sehr kümmerlich". Dabei ist der SO_3-Gehalt nur 0,221%. Sollten trotzdem hier noch Rauchschäden vorkommen, so könnten sie nur unbedeutend sein, jedenfalls ist es ausgeschlossen, daß der geschilderte Zustand der Vegetation auf diesem Boden eine direkte Wirkung der Säure ist. Das kümmerliche Wachstum ist lediglich eine Wirkung der ärmlichen Bodenbeschaffenheit. Auch hier tritt an den Nadeln die gelbe Verfärbung auf. Unter diesen Umständen werden wir berechtigt sein, auch bei den Proben 95, 114 und 116 die gelbe Verfärbung der Nadeln auf die schlechte Bodenbeschaffenheit und nicht auf die Säurewirkung zu schieben. Kommt man also in diesen Fällen zu dem Schluß, daß die Gelbfärbung der Nadeln auf den Mangel an Nährstoffen im Boden zurückzuführen ist, so muß man diesen Faktor auch in den Fällen berücksichtigen, wo man vielleicht mit mehr Recht eine Säurewirkung auf die Nadeln voraussetzen könnte. Man wird dann in jedem einzelnen Fall zu ent-

scheiden haben, ob dieser Bodenfaktor in Betracht kommt, ob er ausschließlich oder nur ergänzend in Betracht kommt. In allen Nadelproben aus dem Rande der Clausthaler Rauchblöße, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind, zeigt sich an den Nadeln diese Vergilbung. Das kann sich so erklären, daß infolge des hohen Säuregehaltes überall chronische Schäden, die sich in einer Vergilbung der Nadeln aussprechen, auftreten. Es könnte aber auch sein, daß hier überall gerade infolge der Einwirkung der Säure im Boden Bedingungen für Vergilbung der Nadeln geschaffen worden sind.

No.	Bonität	Bodengüte	SO_3-Gehalt	No.	Bonität	Bodengüte	SO_3-Gehalt
80	3	gut	0,779 %	103	3—4	gut	0,642 %
81	3	„	0,243 %	104	3	„	0,705 %
82	2—3	„	0,849%	105	3	„	0,923 %
85	2	„	1,332 %	106	4	schlecht	0,614 %
86	2—3	„	0,925 %	107	3	gut	0,712 %
87	3—4	mittel	0,389 %	108	3	mittel	0,265 %
88	5	schlecht	0,449 %	99	4	„	0,657 %
89	3—4	gut	0,685 %	100	4	„	0,693 %
102	3—4	„	0,632 %	101	4	„	0,662 %

Die Höhe des Schwefelsäuregehaltes in den einzelnen Proben ist bedingt durch die Entfernung von der Hütte und von der Lage des Standortes zu derselben. Der durchschnittlich hohe Schwefelsäuregehalt zeigt, daß an alle diese Stellen große Mengen Säure gelangt sind. Diese haben natürlich nicht nur die Nadeln, sondern auch den Boden getroffen, und man ist deshalb berechtigt, auch hier mit der Möglichkeit einer Einwirkung des Bodens auf die Vergilbung der Nadeln infolge Entkalkung desselben zu rechnen. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, daß durch Kalkmangel im Boden eine Vergilbung der Blattorgane auftreten kann, und die Proben 95, 114 und 116 sind hierfür Belege. Ich habe seinerzeit nachweisen können, daß auf der Clausthaler Rauchblöße der Boden durch die Einwirkung der Säuren soweit entkalkt ist, daß hier keine Holzpflanzen gedeihen können (5). Es dürfte deshalb kein zu kühner Schluß sein, wenn man annimmt, daß an allen diesen Punkten — so verschieden auch Bonität und Bodengüte gewesen sein mögen — die so reichlich lange Zeit mit schwefliger Säure aus der Hütte überschüttet wurden, bereits eine so weitgehende Entkalkung des Bodens eingetreten war, daß sie sich in der Färbung der Fichtennadeln bemerkbar machte.

Daß diese Annahme nicht ganz aus der Luft gegriffen ist, dafür spricht eine Beobachtung, die ich seinerzeit im Clausthaler Rauchschadengebiet gemacht habe. Nachdem ein durch Hüttenrauch im Paulwasser, wo auch v. Schroeder und Reuß, wenn auch an anderer Stelle (Probe 89) gelbe Benadlung festgestellt hatten, getöteter Bestand 1908 abgetrieben worden war, habe ich daselbst 1910 20 Reihen Fichten gepflanzt,

von denen die Hälfte gekalkt wurde. Die gekalkten und ungekalkten Pflanzen entwickelten sich ungleich gut, sie unterschieden sich aber außerdem noch darin, daß die ungekalkten Exemplare größtenteils gelb, die gekalkten grün aussahen. Hier war es einwandfrei, daß die gelbe Färbung der Nadeln nur durch die Bodenverhältnisse, in letzter Linie durch den Kalkmangel bedingt sein konnte.

Die Möglichkeit, daß die von v. Schroeder und Reuß geschilderte Vergilbung der Nadeln durch Entkalkung des Bodens zustande gekommen ist, besteht unbedingt. Ob der Kalkmangel die Ursache gewesen ist, wird sich nicht mit Sicherheit entscheiden lassen. Andererseits ist aber auch von unseren Autoren nicht der einwandsfreie Beweis erbracht worden, daß es sich um chronische Rauchschäden handelt. Da die Vergilbung in der Nähe der Hütte beobachtet wurde, und da die Nadeln beträchtliche Mengen Schwefel aus der Luft aufgenommen hatten, haben sie geschlossen, daß die Vergilbung eine Folge der Einwirkung der schwefligen Säure auf die Nadeln gewesen sein müßte. Diese Möglichkeit will ich nicht leugnen. Es müßte sich aber die Streitfrage entscheiden lassen aus den Vorkommnissen in anderen Rauchschadengebieten. Über solche chronische Rauchschäden an den Fichten finden sich in der Literatur wenig erschöpfende und befriedigende Angaben. Hätte man dieselben Erscheinungen wie im Clausthaler Rauchschadengebiet anderswo beobachtet, dann wäre es wohl mit präzisen Worten ausgesprochen worden.

Wenn ich Bedenken trage, die Clausthaler Schäden ohne weiteres als chronische Schäden anzusprechen, so ist ein weiterer Grund dafür, daß ich beobachtet habe, daß es augenscheinlich schwierig ist, im Versuch durch Beräuchern mit schwefliger Säure eine Vergilbung der Nadeln hervorzurufen. In dem oben Seite 611 erwähnten Beräucherungsversuch mit zwei Fichten ist es allerdings geglückt. Aber auch an den Fichten, die Wislicenus seinerzeit lange beräucherte, um chronische Schäden hervorzurufen, ist eine gleichmäßige Verfärbung nur an einem der 7 Exemplare aufgetreten, während an den anderen andere Erscheinungen zu beobachten waren (7).

An den Freilandfichten, die ich in den letzten Jahren beräuchert habe, ist niemals eine Vergilbung der Nadeln aufgetreten. Hier könnte man vielleicht einwerfen, daß die Beräucherung nicht lange genug gedauert hat. Ähnliche Erfahrungen habe ich im allgemeinen auch mit meinen Topffichten gemacht. Die beräucherten und auf ihre Assimilation geprüften Exemplare blieben normal grün, selbst wenn die Assimilationsfähigkeit stark gesunken war. Zwei Fichten waren im Juli 1932 beräuchert worden. Die Verminderung der Assimilationsfähigkeit der einen betrug 6%. Die Fichte blieb den ganzen Sommer über grün und war auch noch am 10. Oktober normal grün. Als sie am 8. Oktober

auf ihre Assimilation geprüft wurde, war diese soweit zurückgegangen, daß sie den Atmungsverlust nicht voll decken konnte. Bei der anderen Fichte war die Assimilationsfähigkeit nach der Beräucherung um 90% auf 10% gesunken. Sie war auch den ganzen Sommer über grün. Am 8. Oktober war sie noch grün mit einem schwachen Stich ins Gelbliche. Als nun wieder die Assimilationsfähigkeit geprüft wurde, war diese weiter gesunken, so daß auch hier die produzierte Menge Kohlehydrate nicht den Atmungsverlust deckte. Selbst unter Verhältnissen, unter denen z. B. bei der Buche eine Vergilbung auftreten würde, blieb sie bei der Fichte aus. Eine eingehendere Untersuchung der Fichten auf die Möglichkeit des Auftretens von chronischen Schäden und über die Bedingungen dafür wäre sehr wünschenswert.

Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse.

1. Akute Schäden können auch durch sehr starke Verdünnungen der schwefligen Säure hervorgerufen werden.
2. Akute Schäden kommen dadurch zustande, daß die Gewebe durch die eingedrungene Säure getötet werden. Der Vorgang hat nichts mit der Assimilation zu tun. Nebeneinander her gehen Verfärbung der Chloroplasten und Tötung der Zellen. Die bekannten roten und rotbraunen Farbentöne der Beschädigungen treten postmortal auf und sind an die Veränderungen gebunden, die der Gerbstoff unter der Einwirkung von Licht und Sauerstoff erfährt.
3. Die nicht akuten Schäden an den Laubhölzern stehen in Zusammenhang mit funktionellen Störungen, die eine Folge der Herabsetzung der Assimilationsfähigkeit durch die Einwirkung der schwefligen Säure sind. Ich bezeichne diese Schäden als „chronische". Zu diesen chronischen Schäden dürften auch die unter Einwirkung der schwefligen Säure mit Vergilbung der Nadeln verknüpften, an der Fichte auftretenden Schäden gehören.
4. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die von v. Schroeder und Reuß aus dem Clausthaler Rauchschadengebiet beschriebenen, durch eine Vergilbung der Nadeln der Fichte gekennzeichneten chronischen Schäden keine direkte Säurewirkung, sondern auf die Einwirkung der Bodenbeschaffenheit zurückzuführen sind.
5. Die jugendlichen, in der Entwicklung begriffenen Blattorgane sind empfindlicher gegen schweflige Säure als die ausgewachsenen. Sie sind z. T. sehr empfindlich.
6. Die ausgewachsenen einjährigen Nadeln der Fichte und Kiefer sind gegen schweflige Säure empfindlicher als die Nadeln der älteren Nadeljahrgänge.
7. Es wird eine größere Zahl von Beräucherungsversuchen mit schwefliger Säure an Rotbuche, Eiche, Ahorn, Birke, Esche, Linde, Lärche,

Fichte und Kiefer mitgeteilt. Die Angaben über die Empfindlichkeit weichen z. T. erheblich von den Angaben in der Literatur ab.

Die Ausführung der vorstehend mitgeteilten Untersuchungen ist mir durch die Untersuchung der Gesellschaft von Freunden der Aachener Hochschule ermöglicht worden. Ich spreche ihr auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.

Aachen, im August 1933.

Botan. Institut der Techn. Hochschule.

Benutzte Literatur.

1. Grohmann, Erfahrungen und Anschauungen über Rauchschäden im Walde und deren Bekämpfung. — Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden, Heft 6, 1910.
2. Haselhoff und Lindau, Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Leipzig 1903.
3. v. Schroeder und Reuß, Die Beschädigungen der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden. Berlin 1883.
4. Wieler, Untersuchungen über die Einwirkung schwefliger Säure auf die Pflanzen. Berlin 1905. Nebst einem Anhang: Oster, Exkursion in den Stadtwald von Eschweiler zur Besichtigung der Hüttenrauchschädigungen am 5. September 1887.
5. Wieler, Pflanzenwachstum und Kalkmangel im Boden. Berlin 1912.
6. Wieler, Über die Einwirkung von Säuren auf die Assimilation der Holzgewächse. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 78, 1933.
7. Wislicenus, Resistenz der Fichte gegen saure Rauchgase bei ruhender und tätiger Assimilation. Tharandter forstl. Jahrb., Bd. 48.
8. Wislicenus, Zur Beurteilung und Abwehr von Rauchschäden. — Zeitschr. f. angewandte Chemie, 1901, Heft 28.
9. Wislicenus, Experimentelle Rauchschäden-Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden, Heft 10, 1914.
10. Baltz, Rauchschaden am Walde. Deutsche Forst-Zeitg., 15. Bd., 1900, S. 171.
11. Schier, Die Kohlenrauchschäden im Chemnitzer Stadtwalde. Forstwissenschaftliches Zentralblatt, 15. Jahrg., 1893.

Berichte.

Uebersicht der Referaten-Einteilung s. Jahrgang 1932 Heft 1, Seite 28.

I. Allgemeine pathologische Fragen.

8. Die übrigen Gebiete und allgemeine Erörterungen.

Blunck. Die Umstellung im Getreidebau und die Pflanzenkrankheiten. 1. Verarmen der Fruchtfolge und seine Gefahren. 2. Die Fußkrankheiten des Getreides. 3. Getreidemehltau, Gelbrost, Fritfliege und Weizengallmücken. Mitteilungen der Deutsch. Landw.-Ges., **48**, 262, 286, 377, 1933.

Blunck spricht die Befürchtung aus, daß die geplante und propagierte Umstellung im Getreidebau, ursprünglich Ausdehnung des Anbaus von Weizen und Gerste unter Einschränkung der Anbaufläche für Roggen und Hafer, die sich in der Praxis zu einer Ausdehnung des Brotfruchtanbaus

(Weizen und Roggen) auf Kosten anspruchsloserer Getreidearten (Hafer und Gerste) und anderer Feldfrüchte, insbesondere der Ölfrüchte, umgestaltet hat, im Laufe der Zeit zu einer höchst bedenklichen Zunahme der Brotgetreidekrankheiten und -schädlinge führen dürfte. Diese an sich natürliche Folgeerscheinung des Verarmens der Fruchtfolge — natürlich, weil sich die Schädlinge um so stärker vermehren und um so besser halten, je ausgedehnter die Bestände ihrer Wirtspflanze sind — braucht natürlich Zeit. Aber für bestimmte, in den Überschriften der einzelnen Teile des Aufsatzes genannte Schädiger dürfte, wenn auch nicht allgemein, so doch in einzelnen Gebieten bereits eine deutliche Steigerung des Auftretens und der Schädlichkeit nachgewiesen sein. Das gilt zunächst für die Schwarzbeinigkeit (Ophiobolose) und die Lagerfußkrankheit (Halmbreche) des Weizens, die nach neuen Untersuchungen nicht von Fusarium, sondern von dem Pilz *Cercosporella herpotrichoides* (Fron) hervorgerufen wird. Bis auf Hafer sind alle Getreidearten in bezug auf diese Krankheiten recht ungünstige Vorfrüchte, am ungünstigsten die Gerste, an der beide Schädlinge auftreten. Und die starke Zunahme beider Krankheiten in den letzten Jahren weist deutlich darauf hin, daß hier Folgen der Verarmung der Fruchtfolge vorliegen. Dasselbe gilt vom Getreidemehltau, dessen Übergang von Winter- auf Sommergerste der Verfasser beobachten konnte, vom Gelbrost der Gerste, von der Fritfliege und der Weizengallmücke, ferner für die Halmwespe und die Getreidenematoden. Verfasser zieht daraus den Schluß, daß eine Reihe besonders gefährlicher Krankheitserreger des Getreides sich infolge des zunehmenden Kornfruchtbaus bereits stärker zu regen beginnt, und daß Weizen und Gerste als anspruchslose und empfindliche Früchte stärker gefährdet sind als Roggen und Hafer. Behrens.

Rademacher, B. Gedanken zu der geplanten Ausdehnung des Ölfruchtanbaues vom Standpunkte des Pflanzenschutzes. Mitteilungen der Deutsch. Landw. Ges., **48**, 520, 1933.

Von den Gedanken Bluncks ausgehend (vgl. vorstehendes Referat), die Verfasser sich zu eigen macht, begrüßt Verfasser die angestrebte Wiederausdehnung des Ölfruchtbaues als eine wertvolle Bereicherung der Fruchtfolge und als ein Mittel, die naturgemäße Folge einseitigen Pflanzenbaus, die Anreicherung der Schädlinge, aufzuhalten und auszuschalten. Durch die ganz gewaltige Schrumpfung des Ölfruchtbaus ist inzwischen die kurzerhand vom Verfasser als Hauptursache der bekannten Unsicherheit seiner Erträge erklärte Massenvermehrung der Ölfruchtschädlinge gründlich beseitigt, und ihr Wiederanwachsen auf einen gefährlichen Grad könnte für die Zukunft durch Aussetzen des Ölfruchtbaues in größeren Gebieten, jeweils nach ein- oder zweijährigem Anbau, verhütet werden. Die meisten Schädlinge des Raps- und Rübsenbaues sind auf Raps- und Rübsen angewiesen oder nur zu langsamer Wiedervermehrung fähig. Als Beispiele nennt Verfasser die Rüsselkäfer *Ceutorhynchus assimilis* und *quadridens*, den Rapserdfloh *Psylliodes chrysocephala* und die Kohlschotenmücke *Cecidomyia brassicae*. Selbst der Rapsglanzkäfer, der leider über zu viele andere Möglichkeiten der Vermehrung verfügt, als daß ihm das Aussetzen des Rapsbaues entscheidenden Abbruch tun könnte, dürfte doch infolge einer solchen Maßregel stark zurückgehen. Verfasser wirft aus solchen Erwägungen heraus überhaupt den Gedanken einer Regelung des Anbaus zur Eindämmung der Schädlinge auf, unterschätzt dabei vielleicht doch die entgegenstehenden Schwierigkeiten, die in der Fruchtfolge liegen, und die Härten, die solche Regelungen für manchen Landwirt mit sich bringen würden. Behrens.

II. Krankheiten und Beschädigungen.

B) Parasitäre Krankheiten verursacht durch Pflanzen.

1. Durch niedere Pflanzen.

d. Asbomyceten.

King, C. J. and Hope, C. Distribution of the cotton rootrot fungus in soil and in plant tissues in relation to control by disinfectants. Journ. Agric. Res., Bd. 45, 1932, S. 725—740, mit 9 Textabb.

Verfasser haben Versuche angestellt, um die Grenzen von durch *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Dug. infizierten Stellen zu bestimmen und den angegriffenen Boden zu sterilisieren. Bei der Anwesenheit des Pilzes im Boden entstehen unter günstigen Feuchtigkeitsbedingungen üppige Konidienlager in offenen Stichgräben. Wenn man also um die infizierte Stelle herum eine Reihe solcher Stichgräben anlegt, wird es möglich sein, die Grenzen der Infektion ungefähr festzustellen. Eine Untersuchung der Wurzeln anfälliger Pflanzen aus dem verdächtigen Boden ergibt auch wertvolle Auskunft über die Verbreitung des Schmarotzers. Der Wurzelfäulepilz kann in den zurückgebliebenen Wurzeln abgestorbener oder gefällter Bäume längere Zeit leben. Sklerotien finden sich in dem infizierten Boden bis zu einer Tiefe von 2,3 m, ihre Verbreitung aber ist sehr ungleich sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Richtung. Eine 1¼%ige Formalinlösung wurde in den Boden bis zu einer Tiefe von beinahe 2 m eingespritzt. Sklerotien und ungeschützte Myzelstränge wurden von dem Formalin getötet, Myzel aber, das schon in das innere Gewebe von Wurzeln hineingewachsen war, blieb unzerstört. Die Bekämpfung dieser Krankheit durch Bodensterilisation stößt also auf beträchtliche Schwierigkeiten. Mary J. F. Gregor, Edinburgh.

f. Uredinen.

Peltier, G. L. Relation of weather to the prevalence of wheat stem rust in Nebraska. Journ. Agric. Res., Bd. 46, 1933, S. 59—73.

Eine 10-jährige Untersuchung der Faktoren, welche die Entwicklung von Weizenstammrost (*Puccinia graminis tritici* (Pers.) Erikss. und Henn.) in Nebraska beeinflussen, führte zu folgenden Schlüssen. Niedrige Temperaturen hindern primäre Infektionen sowie die Entwicklung der ersten Uredosporenlager, und ein unzureichender Niederschlag bewirkt eine Hemmung der späteren Uredosporengenerationen. Eine Rostepidemie ist also in dieser Gegend nur möglich, wenn gewisse Bedingungen herrschen; diese sind: 1. Das Vorhandensein einer großen Menge Infektionsmaterial zu einer Zeit, wenn die Infektion und Entwicklung der Uredosporenlager weit und breit gefördert wird. 2. Die Bildung der Ähren des Winterweizens während der ersten Woche Juni oder später und die gleichzeitige Erscheinung primärer Uredosporenlager. 3. Eine ausgedehnte fruchttragende Periode des Weizens unter Witterungsverhältnissen, welche die rasche Entwicklung der Uredosporengenerationen begünstigen. Mary J. F. Gregor, Edinburgh.

C. Beschädigungen und Erkrankungen durch Tiere.

1. Durch niedere Tiere.

d. Insekten.

Schimitschek, Erwin. Forstentomologische und forstschutzliche Untersuchungen aus dem Gebiete von Lunz. II. I. Der Nordhang, Bestand der

Kahlfläche. Verhältnisse an verschieden exponierten Bestandesrändern. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen, Wien, 58. Jg., 1932, S. 25.

Weder im stehenden noch im liegenden Stamm der Fichte ist *Pityogenes chalcographus* an einen vorhergehenden oder gleichzeitigen Befall des Stammes durch *Ips typographus* unbedingt gebunden. In Lunz, Nied.-Österreich, gibt es oft reinen Befall der Fichten durch den ersteren Käfer, da er etwas tiefere Wärmegrade als der andere Käfer liebt. Am S-Hang des Scheiblingsteines kommen beide vergesellschaftet vor. Die Zone der höchsten Aktivität (Hauptschwarm) für die Imagines von *P. ch.* liegt zwischen 20—26° und 60—70% relativer Luftfeuchtigkeit. Bei Temperaturen unter 15° hört das Schwärmen auf. Im Schlagabraum eines Kahlschlages war die Entwicklung des Käfers mit Julimitte vollendet (stammend vom Frühjahrsanflug 1931); der neue Anflug und die Anlage von Bruten begann knapp vor Julimitte. Die Entwicklung am ONO-Rande eines 18 m breiten Saumschlages verspätete sich, so daß es für die Praxis zweckmäßig ist, am N-Hang den Schlagraum auf den ONO-Rand des Saumschlages aufzulegen, nie auf die warmen S- bis W-Ränder. Die Befallsdichte des Fangbaumes am Schlag war eine sehr hohe, die eines solchen Baumes im Bestand eine viel schwächere und erst später eine relativ stärkere; die Ursache liegt darin, daß die Zersetzung der Kambialzone im Bestand unter Mangel direkter Bestrahlung und bei geringeren Temperaturen im Bestand langsamer vor sich geht. Die Kambialtemperaturmaxima nehmen an der Stammoberseite des liegenden Fangbaumes von der Gipfelregion zum Wurzelanlauf stark ab, was auf der Unterseite weniger deutlich ist. Kurz dauernde Lufttemperaturextreme zeichnen sich im Gang der Kambialtemperaturen nicht ab. Die Ursache der größeren Entwicklungsgeschwindigkeit im Fangbaum am Schlag ist auf die höheren Kambialtemperaturen bei gleichzeitig nicht zu langer Dauer der hohen relativen Luftfeuchtigkeitswerte zurückzuführen. Die Ursache für das Absterben der Eier und ersten Larvenstadien des Käfers in den Fangbäumen im Bestand ist vor allem auf zu hohe Feuchtigkeit zurückzuführen; die Sterblichkeit der Bruten im Fangbaum am Schlag war aber praktisch gleich Null. Im Folgejahr 1932 wurde der letztere Fangbaum von *Ips suturalis* Gyll. befallen; die ersten, noch nicht verfärbten Jungkäfer wurden Augustmitte gesehen. Die beiden Bockkäfer *Monochamus sartor* und *M. sutor* bevorzugen die weniger hohe Temperaturwerte zeigenden Stammseiten des Fangbaumes auf der Kahlfläche: Stärkster Anflug Augustmitte. Die Generation ist im Fangbaum am Schlag eine 1½jährige; die Dauer der Eiruhe 16 Tage. Diese Käfer gaben als Parasiten 3 *Rhyssa*-Arten; *Rhyssa* befällt also nicht nur Holzwespen. — Der zweite Teil der Arbeit befaßt sich mit forstschutzlichen Fragen: Bedeutung der Exposition der Schlagränder auf den verschiedenen Hängen, die Kambialtemperaturen in gesunden, stehenden Stämmen an verschieden exponierten Bestandesrändern, die Bodenverhältnisse solcher Schlagränder am Nordhang, Bedeutung des Schutzes durch die Schneedecke als sehr wichtige Ausschaltung des Starrfrostes, die natürliche Verjüngung. Je steiler der Hang, desto schmäler muß der Saum sein. Bei starker Hangneigung entsteht selbst am N-Rande kein Wärmeminimum; da sind Staffel- und Buchtenhiebe mit N- oder NW-Rändern am Platze. Zuletzt die Bedeutung der Alpenwinde. Anhangsweise wird der Rindenbrand am Ahorn besprochen: Im Frühjahr tritt er am häufigsten auf und zwar an dem gegen WSW exponierten Bestandesrand des Saumschlages, da die Kambialzone in dieser Zeit großen Temperaturen ausgesetzt ist. Ma.

Parker, D. L. The interrelations of two hymenopterous egg parasites of the gipsy moth, with notes on the larval instars of each. Journ. Agric. Res., Bd. 46, 1933, S. 23—34, mit 6 Textabb.

In dem von dem großen Schwammspinner bewohnten Teil von Neu-England finden sich zwei eingeführte Parasiten dieses Wirts. Einer davon, *Anastatus disparis* Ruschka, ist in Europa und Japan weit verbreitet, der zweite aber, *Ooencyrtus kuvanae* (Howard), kam vor seiner Einführung nach den Vereinigten Staaten nur in Japan vor. Verfasser hat Versuche ausgeführt, um festzustellen, ob in der Natur Konkurrenz zwischen den zwei Parasiten stattfindet. Erwachsene *Anastatus*-Fliegen sind wahrscheinlich häufiger als *Ooencyrtus* zur Zeit der Eiablage des Wirts, also wird in den meisten Fällen *Anastatus* das Ei zuerst befallen. *Ooencyrtus*-Weibchen können ein schon von *Anastatus* befallenes Ei des großen Schwammspinners schmarotzen und letztgenannter Parasit wird von dem Anfall nicht geschädigt. Ein *Ooencyrtus* enthaltendes Ei ist zu einem gewissen Grad empfänglich gegen *Anastatus*; wenn *Anastatus* das Ei befällt, während *Ooencyrtus* noch im Eizustand ist, überlebt nur *Anastatus*, wenn er aber später eindringt, vollendet keiner der Parasiten seine Entwicklung. So lange so wenig Konkurrenz zwischen den Fliegen stattfindet, ist es eigentlich ein Vorteil, daß zwei Parasiten des großen Schwammspinners in dieser Gegend vorkommen. *Anastatus* aber ist der wirksamere Schmarotzer, weil seine Lebensgeschichte besser mit derjenigen des Wirts übereinstimmt und weil er in diesem Teil von Neu-England gut überwintern kann. Im Laufe der Versuche stellte es sich heraus, daß, im Gegensatz zu der allgemeinen Ansicht, beide Parasiten sich fünfmal statt dreimal häuten. Den Schluß der Arbeit bilden kurze Beschreibungen der Larven. Mary J. F. Gregor, Edinburgh.

D. Sammelberichte (über tierische und pflanzliche Krankheitserreger usw.)

Christiansen, Edv. Versuche mit Himbeersorten 1923—1929. Tidsskr. Planteavl., 1932, S. 426. Dän.

Der Pilz *Didymella applanata* (Erreger der Stengelkrankheit) befällt am stärksten die Sorten Asker, Fastolff und Non plus ultra, der Pilz *Plectodiscella venetata* (Plattenschorf) die zwei letztgenannten Sorten, dann Goliath und Knevetts Giant. — Gegen den Himbeerkäfer, der keine Sorte bevorzugt und namentlich ältere Kulturen befällt, sind wirksame Bekämpfungsmittel bisher noch nicht bekannt. Ma.

Van Poeteren, N. Verslag over de werkzamheden van den plantenziektenkundigen Dienst in het jaar 1931. Wageningen 1932, 130 S., 5 Taf. (Holländ.)

Namentlich folgendes dürfte hier interessieren: Die Milbe *Tyrophagus infestans* an junger Tomate konnte man mit Erfolg durch Polvosol bekämpfen, die Milbe *Tarsonemus spirifex* brachte auf Haferhalmen Verkrümmungen hervor, die Milbe *Pediculopsis graminum* erzeugte arge Weißährigkeit am Schwingelgras. — Das Saatgut von Kreuzblütlern reinigte man gut vom Glanzkäfer *Meligethes aeneus* durch folgende Mittel: 2% Nicol in 1% iger Seifenlösung oder Schweinfurtergrün in Kalkmilch. — Der Laufkäfer *Ophonus pubescens* beschädigte Erdbeeren stark. — Larven von Aaskäfern, schädigend an Rüben, bekämpfte man mit Erfolg mit Schweinfurtergrün 1:1000 + Kalk 1:100. Der Rüßler *Brachyderes incanus* greift außer Jungkiefern auch Obstbäume an. Ma.

Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart. — Druck von Ungeheuer & Ulmer, Buchdruckerei, Ludwigsburg